

Absolvování individuální odborné praxe

Individual Professional Practice in the Company

Lukáš Novotný

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.

Ostrava, 2021

Abstrakt

Bakalářská práce popisuje průběh absolvování individuální odborné praxe, kterou jsem vykonal ve firmě P2P – Automation s.r.o., a řešení zadaného úkolu. Požadovaným výsledkem práce bylo naprogramované víceúčelové robotizované pracoviště řízené programovatelným logickým automatem Simatic S7-1518F-4 od výrobce Siemens. Součástí bylo vytvoření vizualizačního rozhraní a základní konfigurace jednotlivých zařízení. V této práci je popsán postup řešení hlavních částí zadaného úkolu, tvorba programových funkcí nebo vizualizace, konfigurace safety zařízení a popis safety programu.

Klíčová slova: PLC; automatizace; TIA Portal; Siemens; safety; KUKA robot

Abstract

This bachelor thesis describes the course of my individual professional practice in the company P2P – Automation s.r.o. and the solution of the given task. The desired result of the work was a functionally programmed robotic workplace controlled by a programmable logic controller Simatic 1518F-4. The creation of visual interface and configuration of the device is included in this work. There's also a description of solving the main parts of the given task, creation of program functions and visualisation, safety device configuration and description of safety program.

Keywords: PLC; Automation; TIA Portal; Siemens; safety; KUKA robot

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Jiřímu Koziorkovi, Ph.D. za vedení a konzultace v průběhu vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat mému konzultantovi Martinu Němečkovi za možnost vykonání bakalářské praxe a odborné rady během práce na projektu. V neposlední řadě patří poděkování mé rodině za podporu při studiu.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	5
Seznam ilustrací	6
Seznam tabulek.....	6
1 Úvod.....	7
2 Charakteristika firmy a pracovní zařazení studenta	8
2.1 Popis firmy P2P – Automation s.r.o.....	8
2.2 Popis pracovního zařazení studenta ve firmě	8
3 Seznam zadaných úkolů v průběhu praxe.....	9
3.1 Víceúčelové robotizované pracoviště pro výrobu autodílů.....	9
4 Programování víceúčelového robotizovaného pracoviště.....	10
4.1 Příprava na programování zařízení.....	11
4.2 Hardwarová konfigurace PLC	13
4.2.1 Konfigurace safety zařízení.....	15
4.2.2 Ventilové ostrovy Festo	16
4.3 Tvorba řídicího programu a funkcí	18
4.3.1 Provozní režimy	18
4.3.2 Dokování a volba výroby	19
4.3.3 Funkce přípravků (stanic)	20
4.4 Konfigurace rozhraní a integrace robotů KUKA do programu	27
4.4.1 Robotické signály (tagy).....	27
4.4.2 Strojní bezpečnost a blokace mezi roboty	29
4.4.3 Volba pracovního programu robotu.....	29
4.4.4 Robotické uvolnění a povolení pro roboty	30
4.5 Nastavení a programování bezpečnostní logiky.....	31
4.5.1 Laserové skenery a světelné závěsy SICK	32
4.5.2 Programování safety logiky	33
4.6 Tvorba vizualizačního rozhraní.....	36
4.6.1 Šablona vizualizace.....	36
4.6.2 Faceplate	37
4.6.3 Alarmové hlášení.....	38
4.6.4 Obrazovky pro ovládání přípravků ve stanicích	39
4.7 Testování výroby	40
5 Zhodnocení znalostí studenta pro vykonání odborné praxe	41
5.1 Teoretické a praktické znalosti získané v průběhu studia.....	41
5.2 Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu praxe	41
Závěr.....	42
Seznam literatury.....	43
Seznam příloh	44

Seznam použitých symbolů a zkratek

CPU	–	Central Processing Unit (Centrální procesorová jednotka)
CRC	–	Cyclic Redundancy Check (Cyklický redundantní součet)
DB	–	Data Block (Datový blok)
DI	–	Digital Input (Digitální vstup)
DO	–	Digital Output (Digitální výstup)
FC	–	Function (Funkce, obsahuje logiku programu)
FB	–	Function Block (Funkční blok, obsahuje logiku programu s instančním DB)
GSD	–	General Station Description (Obecný popis stanice)
IO	–	Input / Output (Vstup a výstup)
LAD	–	Ladder Diagram (Programovací jazyk pro PLC)
NC	–	Normally Closed (Rozpínací kontakt)
OB	–	Organization Block (Organizační blok)
PLC	–	Programmable Logic Controller (Programovatelný logický automat)
SCL	–	Structured Control Language (Programovací jazyk pro PLC)
UDT	–	User-Defined Data Type (Datový typ vytvořený uživatelem)

Seznam ilustrací

Obrázek 1: Logo firmy	8
Obrázek 2: Programované PLC Simatic S7-1518-F umístěné v rozvaděči	10
Obrázek 3: Ukázka kódu v programovacím jazyku LAD	11
Obrázek 4: Ukázka kódu v programovacím jazyku SCL	11
Obrázek 5: Sekvence založení dílů, upínání a činnost robotu zakreslena v diagramu	12
Obrázek 6: Příklad umístění zařízení v hardwarové konfiguraci	14
Obrázek 7: DIP switch safety karty.....	15
Obrázek 8: Příklad externě a interně napájeného prvku	16
Obrázek 9: Příklad zobrazení modulů ventilového ostrova Festo v dokumentaci EPLAN	16
Obrázek 10: Ventilový ostrov pro přípravek	17
Obrázek 11: Program pro aktivaci a deaktivaci zařízení.....	19
Obrázek 12: Ukázka kontroly obsazenosti skupiny snímačů 16 ve stanici 110.....	20
Obrázek 13: Přechod dalšího kroku sekvenčního řízení.....	20
Obrázek 14: Zapojení funkčního bloku FB_SeqStatus.....	21
Obrázek 15: Vizualizační objekt pro zobrazení a ovládání sekvenčních kroků	21
Obrázek 16: Zapojení spínacího ventilu se zpětnou vazbou pomocí tlakového spínače	22
Obrázek 17: Zapojení funkčního bloku FB_Ventil_Control	23
Obrázek 18: Diagram řízení upínky do základní polohy	23
Obrázek 19: Příklad podmínek automatických povelů pro upínky	24
Obrázek 20: Zapojení funkčního bloku FB_Part_Control	25
Obrázek 21: Signalizace přítomnosti dílů ve vizualizaci	25
Obrázek 22: Robot umístěný v lince.....	28
Obrázek 23: Ukázka programu pro kontrolu strojní bezpečnosti mezi roboty.....	29
Obrázek 24: Příklad podmínek pro uvolnění robotu ke sváření.....	30
Obrázek 25: Ukázka zobrazení Safety Administration	31
Obrázek 26: Rozložení bezpečnostních prvků v obslužných stanicích	32
Obrázek 27: Nastavení pole skeneru.....	33
Obrázek 28: Network pro kontrolu podmínek osobní bezpečnosti	34
Obrázek 29: Aktivace akčních členů otočného stolu.....	35
Obrázek 30: Dialogové okno pro spojení a nahrání vizualizace do počítače s WinCC RT Advanced	36
Obrázek 31: Vytvořená šablona vizualizace	37
Obrázek 32: Faceplate pro řízení svařovacích kleští a nástrojů robotu	38
Obrázek 33: Faceplate pro nastavení a zobrazení aktuálního data a času PLC.....	38
Obrázek 34: Obrazovka přípravku ve stanici 120	39

Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní parametry PLC Simatic S7-1518-F	10
Tabulka 2: Proměnné datového typu UDT_PR.....	18
Tabulka 3: Příklad safety I/O signálů robotu a PLC.....	27
Tabulka 4: Příklad I/O signálů robotu a PLC	28

1 Úvod

Tato bakalářská práce popisuje řešení zadaného úkolu naprogramování víceúčelového robotizovaného pracoviště pro výrobu autodílů. V práci je rozebrán postup tvorby projektu pro PLC, komunikace mezi roboty, nastavení safety zařízení a tvorba vizualizačního rozhraní linky. Práce byla vypracována v rámci absolvování individuální odborné praxe ve firmě P2P – Automation s.r.o., do které jsem nastoupil na pozici PLC programátora. Tato firma působí v oblasti průmyslové automatizace a specializuje se především na programování PLC a vizualizačního rozhraní.

V první části bakalářské práce je uveden popis firmy, ve které jsem vykonával odbornou praxi a zadání úkolu naprogramování víceúčelového robotizovaného pracoviště. V další části práce je popsán zvolený postup řešení zadaného úkolu. Nejprve je rozebrána samotná příprava na programování automatizovaného zařízení a následná tvorba hardwarové konfigurace PLC nebo případné detailní nastavení jednotlivých zařízení. Další část práce se zabývá tvorbou stěžejních funkcí a funkčních bloků, které jsou využity pro správnou funkcionalitu automatizované linky. Jedná se o funkce pro obsluhu provozních režimů jednotlivých pracovních skupin linky, dále pak pro dokování přípravků a volbu výroby nebo funkce k sekvenčnímu řízení přípravků pro zakládání a upínání dílů ve stanicích. Následně je popsána implementace šestiosých KUKA robotů do programu PLC. V této části jsou uvedeny základní signály, které jsem definoval pro vzájemnou komunikaci mezi roboty a PLC. Taktéž je vysvětlena naprogramovaná strojní bezpečnost a vzájemná blokace robotů, volba pracovního programu, využití signálů k povolení činnosti robotů a zpětného hlášení robotů pro získání informací o jejich pozici nebo signalizaci dokončení práce. Závěr praktické části se věnuje programování safety logiky pro ochranu obsluhy, kde je také uveden způsob použití laserových skenerů a světelných závěsů od výrobce SICK pro zajištění osobní bezpečnosti ve dvou stanicích a tvorba vizualizačního rozhraní zařízení.

Na konci bakalářské práce jsou shrnuty teoretické znalosti, které jsem získal v průběhu studia a využil je při práci nebo které mi naopak scházely. V závěru jsou následně zhodnoceny výsledky bakalářské práce.

2 Charakteristika firmy a pracovní zařazení studenta

2.1 Popis firmy P2P – Automation s.r.o.

Firma P2P – Automation s.r.o. se sídlem v Náchodě byla založena v říjnu roku 2018 a jejím jednatelem je Martin Němeček. [1]



Obrázek 1: Logo firmy

Firma se specializuje na průmyslovou automatizaci v oblasti programování PLC a tvorby vizualizačního rozhraní. Zaměřuje se zejména na programovatelné logické automaty firmy Siemens (CPU řady SIMATIC S7-1200, S7-1500 a S7-300), Allen-Bradley a GE Fanuc.

Nabízí programování jednoúčelových strojů (svařolisy, počítačové stanice apod.), robotizovaných pracovišť či tvorbu funkčních bloků pro komunikaci mezi PLC a zařízeními SICK nebo Keyence.

Přestože firma P2P – Automation s.r.o. existuje poměrně krátce, má za sebou již několik rozsáhlých projektů pro zahraniční firmy sídlící v Indii či Anglii, dále pak například pro automobilový koncern Volkswagen AG.

2.2 Popis pracovního zařazení studenta ve firmě

Do firmy jsem nastoupil na pozici programátora PLC a vizualizačních systémů. Mým hlavním úkolem bylo vytváření programů pro PLC, tvorba vizualizace a zprovoznění zařízení u zákazníka. Dále základní nastavení procesních zařízení jako jsou frekvenční měniče nebo bezpečnostní prvky SICK a Euchner.

Nedílnou součástí mé práce byla komunikace se zákazníky a spolupráce s externími firmami, které zajišťovaly mechanickou a elektrickou část linky. U robotizovaných pracovišť pak byla důležitá vzájemná kooperace s programátory robotů a projektovými vedoucími.

3 Seznam zadaných úkolů v průběhu praxe

Během absolvování odborné praxe mi byl zadán jeden rozsáhlý úkol a jeho řešení je popsáno v dalších kapitolách.

3.1 Víceúčelové robotizované pracoviště pro výrobu autodílů

Úkolem je naprogramovat víceúčelové robotizované pracoviště pro výrobu autodílů. Na pracovišti bude umístěno 7 robotů KUKA KR Quantec. Strojní zařízení bude programované v TIA Portal V15.1 se safety PLC Simatic S7-1518-F od firmy Siemens, dále pak vytvořit vizualizační rozhraní linky ve WinCC Comfort Advanced V15.1.

Nedílnou součástí bude základní konfigurace procesních zařízení v lince, naprogramování bezpečnostních funkcí a nastavení bezpečnostních prvků firmy SICK (skenery, světelné závěsy) nebo Euchner pro zajištění ochrany obsluhy.

Časová náročnost zadaného úkolu byla 71 pracovních dnů.

4 Programování víceúčelového robotizovaného pracoviště

V této kapitole bude rozebrán a popsán zvolený postup řešení úkolu, který mi byl zadán v průběhu praxe. Zadáním bylo naprogramovat víceúčelové robotizované pracoviště pro výrobu náhradních automobilových dílů různých značek. V automatické lince bylo umístěno 7 robotů KUKA, které mají za úkol obsluhovat celkem 5 procesních stanic, z nichž jsou 3 plně robotizované a 2 pracoviště jsou navíc obsluhovány operátory výroby, kteří zakládají jednotlivé díly do přípravků. Díly si mezi procesními stanicemi přemísťují samy roboty. Bylo navrženo 5 typů vyráběných modelů. Celkově tedy existuje 25 unikátních přípravků, přičemž se jeden model skládá z 5 přípravků, vždy pro každou stanicí jeden. Program musel být koncipován tak, aby byla v budoucnu umožněna případná integrace nových typů vyráběných modelů.

Z důvodu počtu zařízení umístěných v lince, které bude PLC řídit, použití bezpečnostních prvků a zajištění dostatečně rychlého cycle time (čas, za který dokáže PLC načíst vstupy, zpracovat program a zapsat na výstupy), bylo dodavatelskou firmou zvoleno bezpečnostní PLC Simatic S7-1518-F.



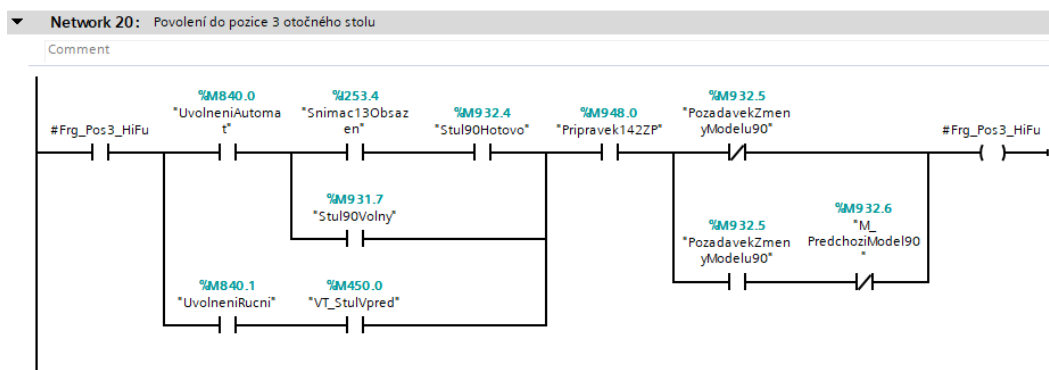
Obrázek 2: Programované PLC Simatic S7-1518-F umístěné v rozvaděči

Vybrané základní parametry použitého PLC Simatic S7-1518-F jsou uvedeny v tabulce níže. Informace jsou čerpány z katalogového listu od firmy Siemens.[2]

Tabulka 1: Základní parametry PLC Simatic S7-1518-F

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	24 V DC
Max. počet prvků	12 000; Bloků (OB, FC, FB, DB) a UDT
Doba zpracování log. operace	1 ns (bitová operace) / 2 ns (celočíslná)
Max. velikost bloků (OB, FC, FB)	1 Mbyte
Počet PROFINET rozhraní	3
IP protokol	IPv4
Max. počet IO zařízení	512
Podporované programovací jazyky	LAD, FBD, STL, SCL, GRAPH
Nejvýše dosažitelná bezpečnostní třída	SIL 3
Potřebná verze TIA Portal	V16 (FW V2.8) / V15 (FW V2.5) nebo vyšší

Programování probíhalo v prostředí TIA Portal V15.1. Při tvorbě funkcí (FC) a základní logiky jsem z důvodu přehlednosti kódu a s ohledem na znalosti s programováním elektroniků (zaměstnanců zákazníka), kteří by v budoucnu dělali případné zásahy do kódu, zvolil programovací jazyk LAD.



Obrázek 3: Ukázka kódu v programovacím jazyku LAD

Pro komplexnější logiku ovládání zařízení v lince, zejména rozhraní s roboty KUKA, řízení automatických ochranných vrat, otočných stolů či pneumatických ventilů jsem použil strukturovaného jazyka SCL, který svou syntaxí připomíná jazyk C či Visual Basic. Tento jazyk je pak použit zejména ve funkčních blocích (FB).

```

23 // Shift all weeks
24 REGION Shift_Weeks
25 #R_TRIG_WeekShift(CLK := ((#CounterInfo.Monday AND NOT #_Cfg.%X0) OR (#CounterInfo.Sunday AND #_Cfg.%X0)) AND #CounterInfo.Morning);
26
27 // Transfer
28 IF #R_TRIG_WeekShift.Q THEN
29 FOR #iJob := 0 TO 8 DO
30 #CounterItem.Week[9 - #iJob] := #CounterItem.Week[9 - #iJob - 1];
31 END_FOR;
32 #CounterItem.Week[0] := #defCounterWeek;
33 END_IF;
34 END_REGION
35
36 // Actual shift to byte and shift counter reset trig
37 REGION Shift_To_Byte
38 #bActualShift.%X0 := #CounterInfo.Morning;
39 #bActualShift.%X1 := #CounterInfo.Afternoon;
40 #bActualShift.%X2 := #CounterInfo.Night;
41 // Trigger to reset actual shift counter
42 #R_TRIG_DayShift(CLK := #bActualShift <> #bActualShiftHiFu);
43 // Actual shift memory
44 #bActualShiftHiFu := #bActualShift;
45 END_REGION

```

Obrázek 4: Ukázka kódu v programovacím jazyku SCL

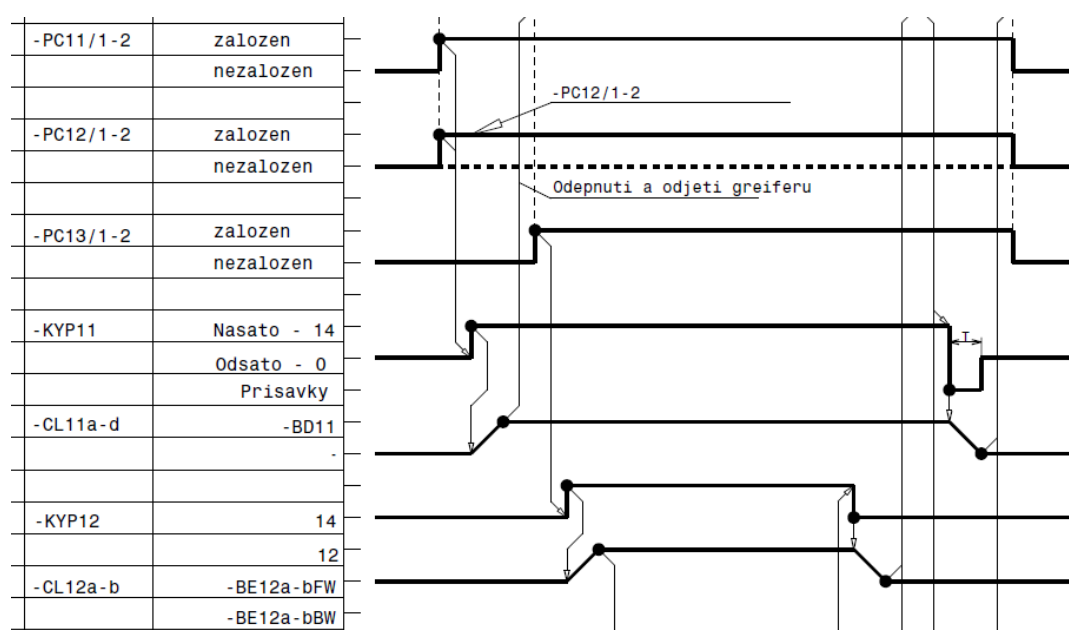
4.1 Příprava na programování zařízení

Počáteční přípravy základní logiky a struktury programu probíhaly „offline“ – tedy pouze za pomoci využití dostupné technické dokumentace zařízení, kterou jsem obdržel od dodavatelské firmy, která zprostředkovávala návrh a montáž linky u zákazníka. Výchozí technická dokumentace obsahovala pneumatické plány přípravků pro zakládání dílů, které budou osazeny v jednotlivých stanicích, elektrotechnickou dokumentaci EPLAN, grafické rozložení robotů, procesních stanic, otočných stolů a bezpečnostního oplocení. Nedílnou součástí byl manuál pro značení snímačů a symbolických adres PLC (vstupů a výstupů), konfiguraci zařízení nebo modulů dle požadavků zákazníka, který musel být po celou dobu dodržován.

Díky obdržené dokumentaci zařízení a sekvenčního popisu stroje jsem se mohl seznámit se zařízením, které budu programovat. K pochopení chodu a funkčnosti automatizované linky mi zejména pomohla prvotní osobní návštěva již v průběhu stavby zařízení u zákazníka. Poprvé jsem tak mohl vidět umístění jednotlivých zařízení, přípravky pro zakládání a upínání dílů ve stanicích nebo roboty a jejich procesní nástroje. Provedl jsem kontrolu, zda je počet, fyzické umístění a zejména typ modulů ventilových pneumatických terminálů Festo nebo IO karet v distribuovaných stanicích IM 151-3 shodný s dodanou elektro dokumentací a případné rozdíly jsem zaznamenal pro možnost pozdějších úprav.

Před začátkem programování jsem se seznámil s funkčnostmi, kterými musí automatizovaná linka disponovat, ale také s požadavky na programování a programovou úpravu. Tyto požadavky byly součástí manuálu, který jsme obdrželi od zákazníka. Při tvorbě funkcí a funkčních bloků byly požadovány programovací jazyky LAD, SCL nebo FBD. Z funkčního hlediska musela linka umožňovat dva typy provozních režimů. Manuální režim pro ruční ovládání jednotlivých zařízení přes vizualizaci a automatický režim pro automatizovanou funkčnost zařízení. Jelikož linka obsahovala dvě pracovní skupiny, bylo nezbytné, aby dokázaly tyto dvě skupiny pracovat nezávisle na sobě. Proto každá z nich musí mít vlastní provozní režimy, které je však nutné brát vzájemně v potaz například při překládání dílu robotem z jedné pracovní skupiny do druhé.

Dále jsem se obeznámil s jednotlivými procesy a sekvenční činností zařízení. V automatické sekvenci přípravků se budou vyskytovat operace upínání a odepínání pneumatických válců nebo kontrola snímačů přítomnosti založených dílů, dále pak zpracování dílů za pomoci robotů. Ve stanicích ST110 a ST120 jsou přípravky umístěny na otočných stolech, které umožní změnu jejich polohy mezi zakládací a pracovní polohou s natočením směrem k robotům. Automatizovanými robotizovanými procesy jsou například bodové svařování, lepení, lemování nebo přemísťování dílů mezi stanicemi. Popis automatické sekvenční činnosti v jednotlivých přípravných nebo stanicích a zejména sekvence pro zakládání dílů (kontrola obsazenosti snímačů přítomnosti dílů), pohyb upínacích prvků, otáčení stolů do základní a pracovní pozice nebo činnosti robotů byl popsán či zakreslen pomocí časového diagramu ve všech pneumatických plánech přípravků.



Obrázek 5: Sekvence založení dílů, upínání a činnost robotu zakreslena v diagramu

Obrázek 5 zobrazuje příklad sekvenčního časového diagramu jednoho z přípravků, ve kterém je zakreslena posloupnost založení a upnutí dílčích částí dílů. Nejprve obsluha založí díly, které budou snímány ve skupinách PC11 a PC12 a následně budou přísavkami přisáty. Jakmile dojde k přisání dílů, aktivuje se tlakový spínač BD11 a robot může vložit další část. Až robot najede s dílem do přípravku a odepne jej z greiferu, pak musí snímače ve skupině PC13 tento díl detekovat. Následně dojde k zavření upínek CL12. Po dokončeném svařovacím procesu robotem dojde k odepnutí dílu z přípravku a další robot tento díl přesune do následující stanice. Popis sekvence byl většinou doplněn o 3D animaci, která pomohla k názornější ukázce, jak bude automatický cyklus probíhat.

Po důkladném prostudování dostupné dokumentace jsem začal připravovat program pro PLC v prostředí, které bylo požadované zákazníkem, a to TIA Portal ve verzi V15.1. Nejprve jsem dle EPLAN dokumentace vytvořil hardwarovou konfiguraci, která obsahovala všechna zařízení a provedl nastavení příslušných modulů. Vstupním a výstupním signálům jsem vytvořil symbolický název, který jsem přidal do příslušné symbolické tabulky. Tyto tabulky jsem vytvářel systematicky pro každé zařízení a dělil do skupin dle umístění ve stanici nebo pracovní skupině.

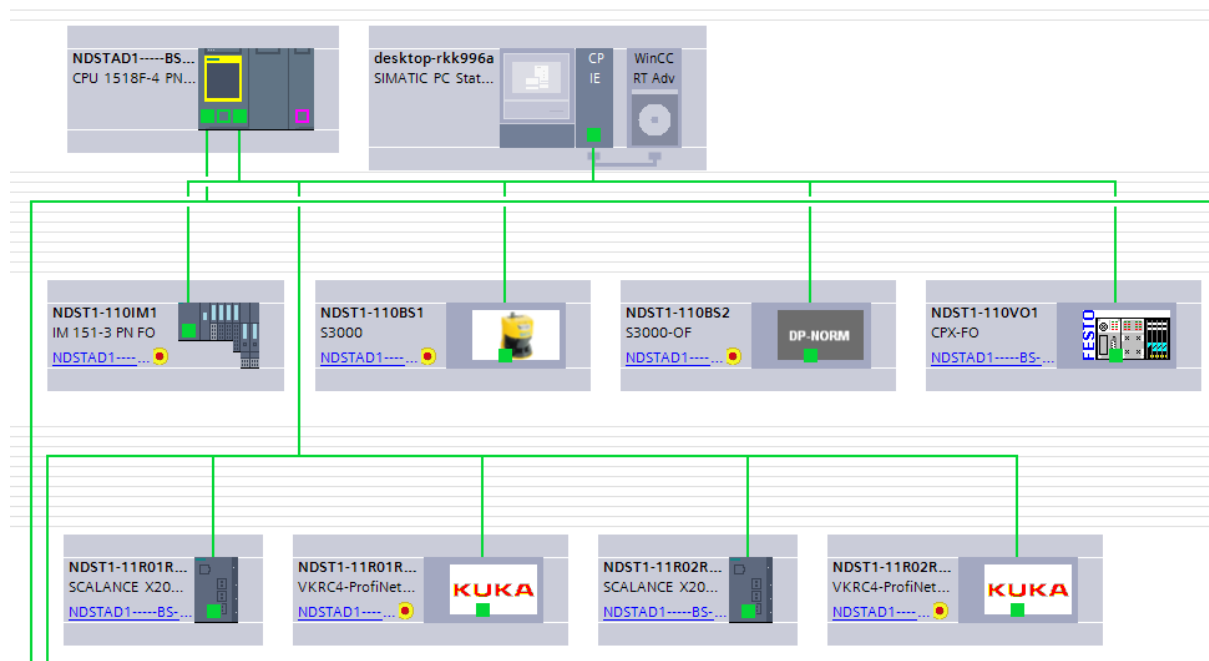
Dále jsem musel vytvořit jednoduchý program určený pro prvotní zprovoznění, který musel umožnit skrze vizualizaci ovládání médií v lince kterými jsou okruh chladicí vody, stlačeného vzduchu (okruh nízkého tlaku 6 bar a vysokého tlaku 12 bar) nebo zapnutí řídicího napětí 24 V pro ovládací a signalizační prvky. Taktéž musela být zprovozněna bezpečnostní komunikace PROFIsafe mezi PLC a roboty. Bezpečnost zpočátku fungovala v dočasně omezeném režimu. V bezpečnostní logice byly vyhodnocovány pouze tlačítka nouzového zastavení a klíčky přemostění osobní bezpečnosti pro roboty, jelikož v době zprovožňování robotů nebyly na ochranném oplocení umístěné a zapojené zcela všechny bezpečnostní kliky. Přes PROFIsafe komunikaci se robotům posílal stav nouzového zastavení a aktivace pohonů, aby se robot mohl pohybovat. To poskytovalo možnost ostatním programátorům uvádět robota do provozu a provádět základní učení pohybů, nebo naměřování a vážení nástrojů (greiferů, svařovacích kleští a lepicích pistolí).

Následně jsem provedl tzv. IO kontrolu všech dostupných zařízení. Jedná se o proces manuálního ověření, zda jsou signály ze snímačů, tlačítek, koncových spínačů, bezpečnostních klik nebo světelných závěsů připojeny na správné kanály digitálních vstupních karet. Stejně tak se jedná o kontrolu správnosti zapojení stykačů, signalizačních majáčků a dalších akčních zařízení na kanály digitálních výstupních karet PLC. U upínek se sledovalo, zda dojde k upnutí nebo odepnutí požadované skupiny dle pneumatického plánu. Kontrolu jsem prováděl pomocí monitorování tagů (signálů) v symbolických tabulkách nebo zápisu na výstupy ve Force tabulce. V případě objevení chyby jsem ji musel diagnostikovat a společně s elektrikáři provést opravu.

4.2 Hardwarová konfigurace PLC

Před začátkem tvorby řídicího programu PLC je nutné vytvořit hardwarovou konfiguraci, kde se jednoznačně nadefinují zařízení, které jsou umístěné v lince, jsou vzájemně propojeny optickým kabelem a mají tak komunikovat s PLC. Pro komunikaci mezi zařízeními se využívá průmyslový komunikační standard PROFINET. V průběhu práce na projektu byla hardwarová konfigurace postupně modifikována a rozšiřována dle potřeby, jelikož se do linky postupně přidávaly vyměnitelné přípravky s ventilovými ostrovy Festo, které nebyly obsaženy v prvotní dokumentaci.

Do projektu se zařízení a moduly přidávají v sekci Devices & networks z hardwarového katalogu, který je umístěn v pravé části TIA Portalu. Pokud máme v lince umístěné zařízení, které hardwarový katalog neobsahuje, musíme jej přidat. Pro dané zařízení je třeba mít GSD soubor, který je napsán ve formátu XML a obsahuje popis, konfiguraci, parametry nebo moduly zařízení. Soubor GSD nejčastěji nalezneme na stránkách výrobce nebo je případně dodáván společně s dokumentací daného zařízení. Následně pomocí nástroje správy GSD souborů jej nainstalujeme. Po úspěšné instalaci se aktualizuje hardwarový katalog. Do projektu se takto musely instalovat GSD soubory pro roboty KUKA, moduly ventilového ostrova Festo a laserové SICK skenery.



Obrázek 6: Příklad umístění zařízení v hardwarové konfiguraci

Každému standardnímu zařízení, které bylo definované v hardwarové konfiguraci, se musela přiřadit jedinečná IP adresa a unikátní název (tzv. PROFINET Device Name). V případě IO zařízení se navíc přiřazuje Device number v rozsahu 1–512. PLC má automaticky nastaven parametr Device number na 0 a tato hodnota je pro něj neměnná. [9]

Dále je nutno vstupním a výstupním modulům jednotlivých zařízení definovat absolutní adresní rozsah. Moduly mohou mít rozdílnou velikost rozhraní. Nejčastěji mají velikost v násobcích bytů, avšak například modul IM 151-3 obsahuje vstupní karty, které jsou typu 4DI x 24VDC a mají tak možnost adresace pouze čtyř bitů. Opakem je hardwarová konfigurace robotu KUKA, který má přiřazen modul pro 32 bytů. Absolutní adresní rozsahy musí být v celé hardwarové konfiguraci PLC unikátní. Nesmí se tedy překrývat s ostatními zařízeními a ani s moduly, které jednotlivá zařízení obsahují. Pro přehlednost při programování se signálům s absolutní adresací vytvářejí v symbolické tabulce symbolické názvy. Posléze je možnost v programu při odkazu na proměnnou používat absolutní adresu nebo symbolický název.

4.2.1 Konfigurace safety zařízení

V safety konfiguraci PLC jsem na základě předepsaného programovacího standardu zákazníka u sekce Protection & Security zvolil úroveň přístupu „Full access (no protection)“ a nastavil heslo. Uživatelé, kteří toto heslo znají a v případě vyzvání jej zadají, budou mít neomezený přístup k CPU. To umožní například úpravu konfigurace safety zařízení, modifikaci safety programu a nahrání do CPU.

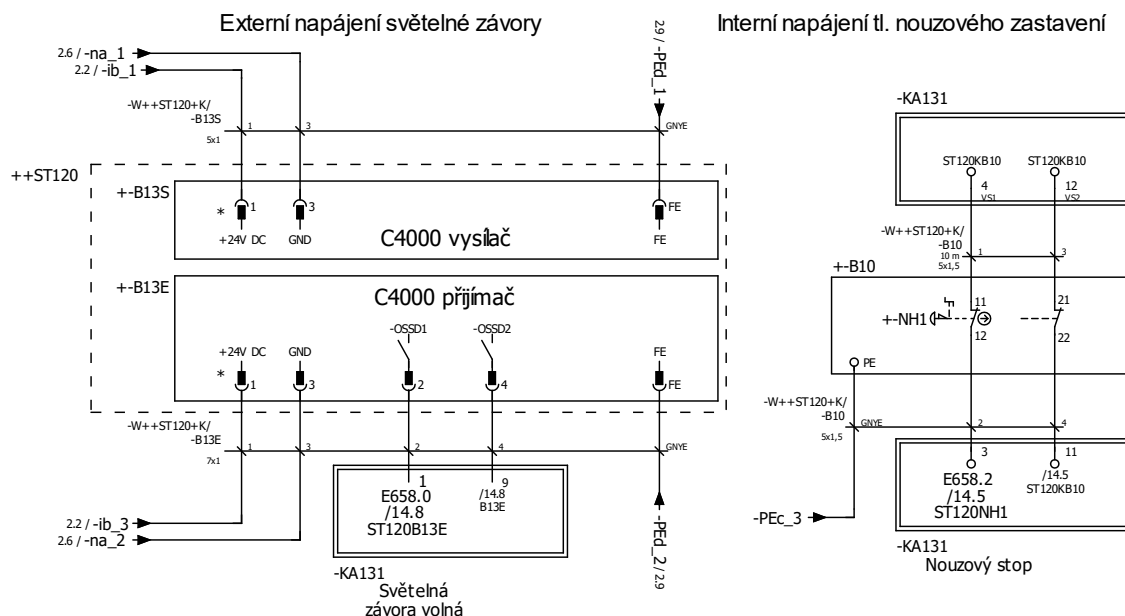
V lince je celkem 7 interface modulů IM 151-3 PN, které obsahují standardní vstupní a výstupní karty, ale také safety karty nebo reléové moduly. Těmto safety kartám, ale ostatním safety modulům, se oproti standardním nastavuje několik dalších parametrů, které dokážou ovlivnit jejich funkce. V sekci F-parameters se nastavuje parametr F-destination address, který musí být unikátní v celé síti. Pro přehlednost nastavujeme tento parametr na totožnou hodnotu, jakou je počáteční absolutní adresace vstupu či výstupu dané karty. Hodnotu F-destination address pak musíme nastavit i v zařízení. U karet, které byly v lince použity, se hodnota musí nastavit ručně. Nastaví se binárně pomocí DIP switche, který je umístěn z boku karty v pravém horním rohu.



Obrázek 7: DIP switch safety karty

V případě výskytu chyby na IO kanálu či poruše modulu dojde k pasivaci. Při tomto stavu dojde k uvedení safety kanálů do bezpečného stavu. V hardwarové konfiguraci máme možnost ovlivnit toto chování a zvolit, co se má stát, když nastane problém. Na výběr je pasivace celého modulu, tedy všech kanálů, a pasivace pouze kanálu, na kterém se vyskytla chyba. [3]

V nastavení IO kanálů je nutné aktivovat ty, na kterých je přiveden vstupní signál a budou použity v programu. Bezpečnostní prvky jsou zapojeny zejména dvoukanálově. Dle typu připojeného prvku a způsobu zapojení se musí nastavit způsob vyhodnocování signálů na kanálech. Na výběr máme ze dvou typů: ekvivalentní a neekvivalentní. Výběr se určuje dle dokumentace, ve které je zakreslen způsob zapojení. S tím souvisí nastavení času diskrepance, který jsem dle požadavků nastavil na 400 ms. Tento čas určuje maximální dobu, za kterou se musí na obou vstupech správně překlopit signál na základě definovaného způsobu vyhodnocení. Při překročení nastavené doby dojde k pasivaci. Poslední parametr, který jsem musel měnit, byl typ napájení senzoru (prvku, který byl připojen na vstup). Dle EPLAN dokumentace jsem zjistil, zda je senzor či ovládací prvek napájen interně (z karty) či externě. Externě napájené byly bezpečnostní koncové spínače Euchner pro kontrolu pozic otočných stolů a světelná závora SICK.

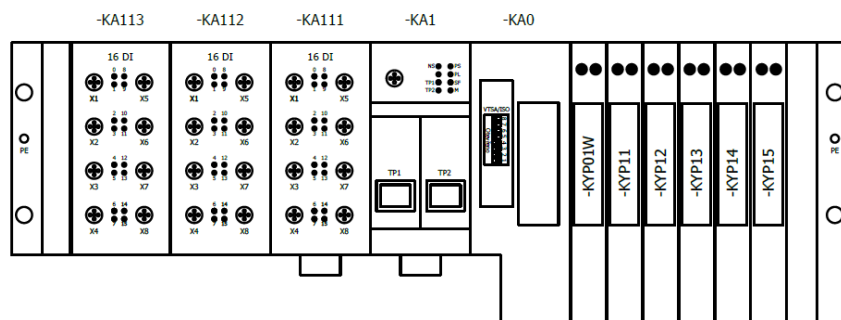


Obrázek 8: Příklad externě a interně napájeného prvku

Výše je zobrazen příklad světelné závory, která je napájena externě, zapojena dvoukanálově do safety vstupní karty (na svorky 1 a 9) a vstup v PLC se čte z adresy I658.0. Vpravo je zapojení tlačítka nouzového zastavení, které je napájeno interně z karty (svorky 4 a 12) a vstup lze číst z adresy I658.2. Ze schématu zapojení můžeme také odvodit, že se jedná o dvoukanálové zapojení, které se bude vyhodnocovat ekvivalentně, jelikož tlačítko obsahuje dva rozpínací kontakty a světelná závora dva spínací kontakty.

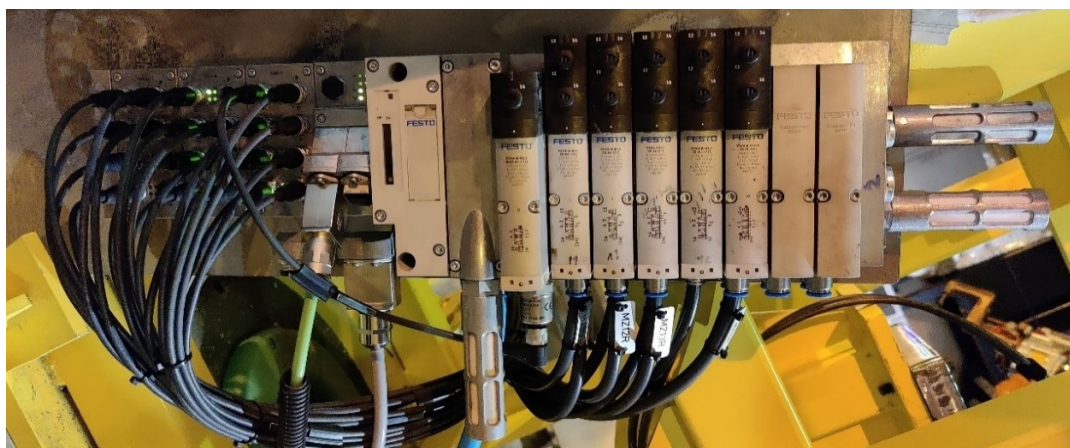
4.2.2 Ventilové ostrovy Festo

Vzduchové ventilové ostrovy od společnosti Festo jsou hlavním ovládacím prvkem přípravků pro zakládání dílů a zároveň nejčtenějším typem zařízení v lince. Pro jednotlivá zařízení se musela vytvořit jejich konfigurace. Každý ventilový ostrov obsahuje komunikační modul CPX-FB35 (značeno v dokumentaci jako KA1). Tomuto modulu se přiřazuje PROFINET device name a IP adresa zařízení. Obsahuje také dva konektory na připojení optických kabelů pro připojení do sítě. Indukční a optické senzory či snímače koncových poloh upínacích válců se zapojují na porty vstupních karet. Používají se vstupní karty typu 16DI-D TN 550202 (značeno od čísla KA111 a výše). Umožňují připojení až osmi konektorů, přičemž každý konektor umožňuje předání 2 signálů.



Obrázek 9: Příklad zobrazení modulů ventilového ostrova Festo v dokumentaci EPLAN

Výstupní pneumatický modul (značen jako KA0) má rozhraní 32 DI / 32 DO. Výstupy tohoto modulu lze spínat pouze v případě, je-li aktivované napětí pro cívky ventilů. Toto napětí je spínané pomocí safety karet PLC pouze za splnění určitých podmínek, které slouží k zajištění bezpečnosti obsluhy. Pokud není bezpečné napětí aktivní, hlásí výstupní modul diagnostickou chybu podpětí. Pro eliminaci těchto nežádoucích chybových hlášení je hardwarové konfiguraci výstupního modulu nutné aktivovat filtrování alarmů typu Vout/Vval. Na první pozici výstupního modulu je vždy osazen hlavní spínací ventil, který při aktivaci propustí vzduch k dalším ventilům, které pak ovládají vzduchové upínací válce.



Obrázek 10: Ventilový ostrov pro přípravek

4.3 Tvorba řídicího programu a funkcí

Program se skládá z několika částí, které zajišťují funkčnost celé linky. Hlavní části programu jsou umístěny ve funkcích, které jsou postupně volány z organizačního bloku Main (OB1). V této kapitole popíšu hlavní funkce a funkční bloky.

4.3.1 Provozní režimy

První funkce, kterou jsem vytvářel, je jedna z nejdůležitějších a je určena pro obsluhu provozních režimů automatické linky. Jelikož je linka rozdělena na dvě pracovní skupiny (PRS1 a PRS2), musely mít tyto části vlastní provozní režimy, aby mohly pracovat nezávisle na druhé skupině.

Z tohoto důvodu jsem vytvořil funkční blok s názvem FB_PR, který řídí logiku na základě vstupních parametrů a dat předaných z vizualizace. Tento blok jsem psal v jazyku SCL. Dále jsem vytvořil datový typ UDT_PR, který obsahuje základní strukturu provozních režimů. Tento datový typ bude využíván dalšími funkčními bloky. Sloužit bude zejména k předávání struktury provozních režimů, která na základě různých stavů ovlivní jejich chování. Nejdůležitější proměnné tohoto nově vytvořeného datového typu jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 2: Proměnné datového typu UDT_PR

Název	Popis	Dat. typ
Hand	Požadavek ručního režimu linky	Bool
Auto	Požadavek automatického režimu linky	
FrHand	Uvolnění ručního režimu	
FrAuto	Uvolnění automatického režimu	
KPEA	Klíček přemostění podmínek je aktivní	
Start	Log. 1 = Start je aktivní	
Person_K	Kontrola bezpečnosti osob v pořádku	
EStop	Log. 1 = Není aktivní nouzové zastavení	
Kvit	Potvrzení poruchy obsluhou	
MediaAktiv	Média jsou spuštěna a v pořádku	

Základními provozními režimy jsou ruční a automatický. Pokud je aktivní ruční režim, všechna zařízení v lince se zastaví a lze je ovládat pouze povel, který jsou řízeny obsluhou skrze vizualizační rozhraní. Při aktivním automatickém režimu se zařízení řídí povel, který jsou naprogramovány pro automatický provoz. Případné ovládání obsluhou pomocí vizualizace není bráno v potaz. Vybraný provozní režim je uvolněn pouze tehdy, je-li aktivní start linky (FrHand a FrAuto), média jsou v pořádku a není stisknuto žádné tlačítko nouzového zastavení.

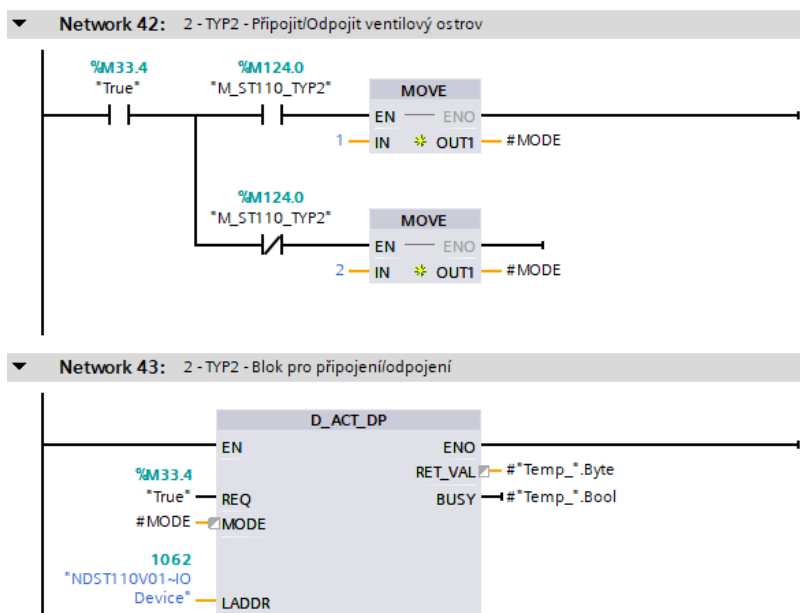
Jedním ze vstupních parametrů FB_PR je MediaAktiv. Na tento vstup jsou napojeny signály, které kontrolují správný tlak vzduchu (6 bar a 12 bar) a průtok chladicí vody. Bez těchto médií nelze běžně uvést linku do režimu start, jelikož jsou důležitá pro správnou funkčnost přípravků a robotů. V případě, kdy by došlo k výpadku vzduchu nebo chladicí vody, uvede se linka automaticky do stavu stop. Pro potvrzení chybových hlášení se používá tag Kvit, který je napojen na tlačítko ve vizualizaci.

Klíček přemostění podmínek (KPEA) má v provozních režimech významnou roli. Používá se proto klíčový spínač, aby se ověřilo, zda linku obsluhuje osoba, která má větší oprávnění a odpovědnost než operátoři výroby. Po otočení klíče se zpřístupní některé předvolby, případně se mohou přemostit části podmínek sekvence či uvolnit blokování ovládání upínek nebo otočných stolů. Takové přemostění je z důvodu strojní bezpečnosti aktivní pouze v ručním režimu.

4.3.2 Dokování a volba výroby

Každý přípravek pro zakládání dílů má alespoň jeden ventilový ostrov. Tento ventilový ostrov je přidán v hardwarové konfiguraci PLC. Z důvodu, že jsou přípravky pro každý typ vyráběného modelu odlišné, se musejí vyměňovat. V případě, kdy by se odpojil přípravek, bude PLC hlásit diagnostickou chybu, že nemůže nalézt nakonfigurované zařízení v síti. Aby se tak nestalo, je potřeba ventilové ostrovy softwarově deaktivovat. Proto jsem navrhl, aby se do Harting konektoru, kterým se přípravky připojují k napájení, umístilo kódování, které se bude číst na některé ze vstupních karet.

Kódování bude 4bitové a vystačí na 15 přípravků, což je dostatečná rezerva i v případě, když by se do linky potřebovaly přidat další modely. Každému vyráběnému modelu jsem tak přiřadil číslo, které se používá i pro kódování přípravků. Pro softwarovou deaktivaci jsem použil blok D_ACT_DP, který umožňuje aktivovat nebo deaktivovat IO zařízení. Vstupní parametr MODE určuje požadovanou akci (1: aktivovat, 2: deaktivovat). Po připojení přípravku se rozliší, o jaký typ se jedná a zapíše se do dočasné proměnné MODE správná hodnota, která se následně v dalším networku předá. Důležité je definovat, jaké zařízení se bude dokovat. Na to slouží parametr LADDR, na který se připojí HW identifikátor zařízení. Identifikátor je uveden v systémových konstantách s parametrem IO Device. [9]



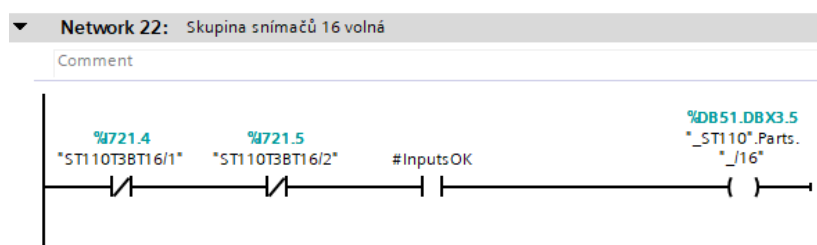
Obrázek 11: Program pro aktivaci a deaktivaci zařízení

Pomocí kódování se navíc mohlo kontrolovat, zda jsou v lince přítomny správné přípravky a automaticky navolit vyráběný model. Pokud by všechny přípravky v lince nebyly stejného typu nebo byly odlišného typu, než je požadován manuální volbou výroby, uvedla by se linka do stavu stop.

4.3.3 Funkce přípravků (stanic)

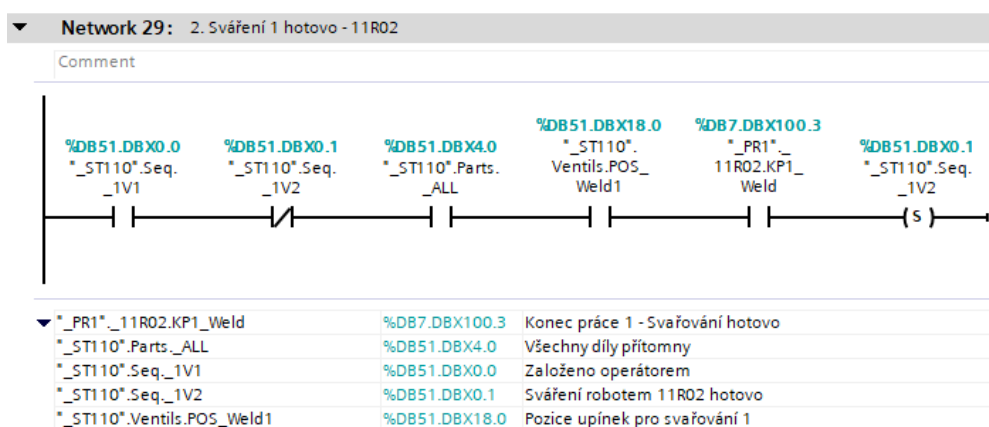
V každé procesní stanici byl umístěný přípravek. Přípravky jsou sestaveny ze železných konstrukcí, pneumatických upínacích válců, lineárních výsuvných kolíků, snímačů přítomnosti dílů a některé obsahují i přísavky. Slouží pro zakládání dílů a jejich následnému pevnému upnutí, které umožní robotům na jednotlivých dílech pracovat (svažovat, lepit či jinak manipulovat).

Jsou vytvořeny datové bloky pro každý z integrovaných modelů, které obsahují struktury sloužící pro uchovávání stavů procesních stanic. Funkce pro přípravky jsou strukturovány následovně: nejprve se kontrolují koncové pozice všech upínacích prvků. Potřebné kombinace koncových pozic se ukládají do proměnných, které jsou součástí DB pro daný model přípravku. Těchto kombinací může být pro jednotlivé operace ve stanici několik. Základní pozice všech upínek je určena pro prvotní založení dílů obsluhou či roboty. Další pozice mohou být pro uvolnění svažování, lepení, vkládání či odebrání hotového dílu robotem. Následně se kontrolují skupiny snímačů obsazenosti dílů. Přípravek obsahuje N počet skupin kontroly dílů a každá skupina zahrnuje zpravidla 1 až 4 snímače (jsou používány různé typy snímačů, např. indukční nebo optické).



Obrázek 12: Ukázka kontroly obsazenosti skupiny snímačů 16 ve stanici 110

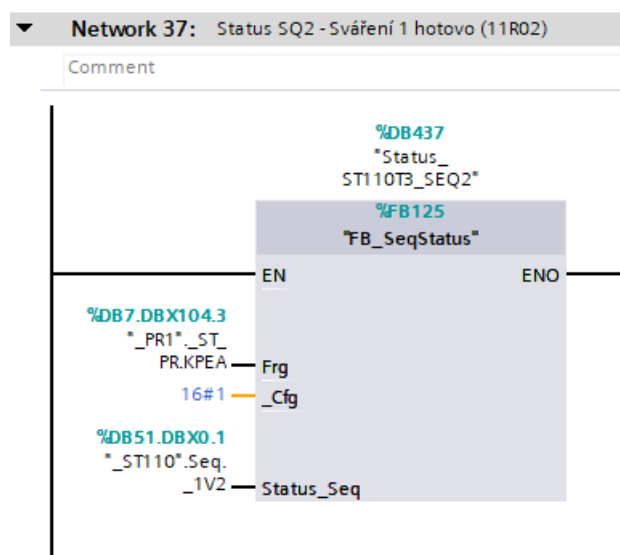
Další část funkce je určena pro sekvenční ovládání přípravků. Na základě požadavku zákazníka zde nebyl použit jazyk GRAPH, který je k sekvenčnímu řízení určen. [9] Průběh sekvence je zajištěn pomocí setování a resetování merkerů, resp. proměnných uložených v datových blocích. Je však zajištěno, že musí být splněny všechny předchozí kroky, aby automatická sekvence mohla přejít dále. Reset sekvence nastane při neobsazeném přípravku žádným dílem, pozici upínek pro zakládání a robotické signalizaci uvolnění procesního stanoviště.



Obrázek 13: Přejít dalšího kroku sekvenčního řízení

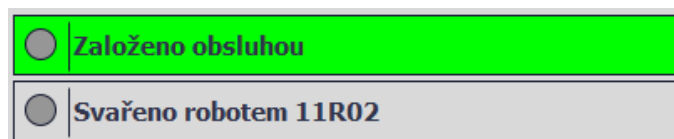
Manuální ovládání a zobrazení stavu sekvence

Za řízením sekvence jsou použity funkční bloky FB_SeqStatus. Tento funkční blok je určen pro komunikaci s vizualizačním rozhraním a zajišťuje správnost zobrazení a ovládání sekvence. Zpracovává vstupní data, které se zapisují do statické proměnné datového typu byte s názvem bVisulInterface. Tato proměnná slouží k předání stavů do vizualizace.



Obrázek 14: Zapojení funkčního bloku FB_SeqStatus

Funkční blok má celkem 2 vstupní (Frg a _Cfg) a 1 InOut parametr Status_Seq. K bloku je vytvořen vizualizační faceplate, který zobrazuje Obrázek 15. Na InOut parametr Status_Seq je přivedena proměnná, která je určena k zapamatování stavu krokové sekvence. Pokud je krok aktivní, podbarví se obdélník ve vizualizaci zelenou barvou, v opačném případě zůstane šedý.



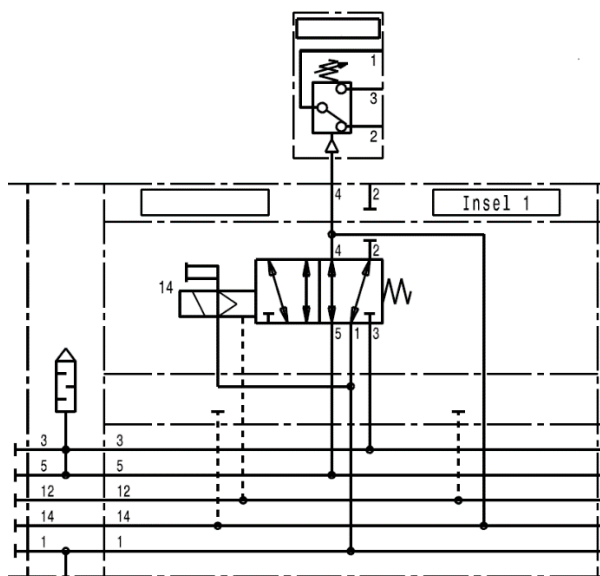
Obrázek 15: Vizualizační objekt pro zobrazení a ovládání sekvenčních kroků

Konfigurace funkčního bloku se provádí parametrem _Cfg, který je datového typu byte. Na vstup se zapisuje neměnná hodnota, která určuje vnitřní chování bloku. Nultým bitem se aktivuje možnost ovládání (set a reset) sekvenčního kroku skrze vizualizaci. S tímto se pojí parametr Frg, který ve stavu logické 1 umožní změnu stavu proměnné Status_Seq při stisku vizualizačního objektu. Povolení změny stavu je signalizováno žlutým podbarvením kolečka. Při hodnotě logické 1 parametru Status_Seq je ve výchozím stavu obdélník podbarven zelenou barvou. Prvním bitem lze zvolit barvu podbarvení indikátoru na zelenou nebo modrou.

Řízení pneumatického Festo terminálu

V další části funkce přípravku je umístěné řízení výstupního modulu Festo, respektive ovládání jednotlivých skupin výstupů. Jako první je vždy na ventilovém ostrově umístěn spínací ventil, který při

sepnutí propustí vzduch k dalším ventilům. Jako zpětná vazba pro tento typ ventilu slouží tlakový spínač, jehož výstupními hodnotami jsou logická 1 či 0.

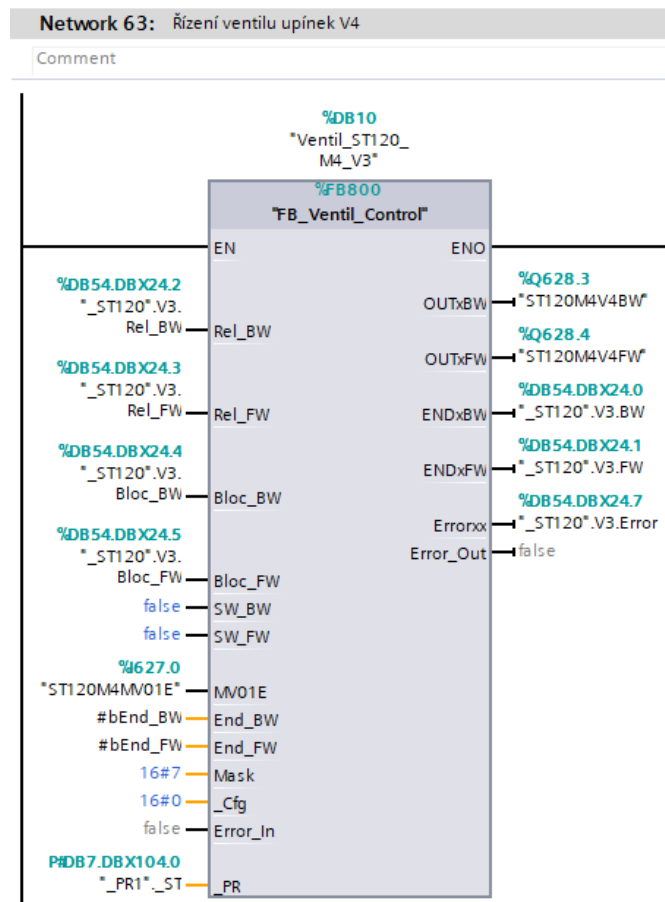


Obrázek 16: Zapojení spínacího ventilu se zpětnou vazbou pomocí tlakového spínače

Pro ovládání ventilů upínacích válců se použil funkční blok FB_Ventil_Control. Tento blok umožňuje na základě jeho konfigurace ovládat 5/2 nebo 5/3cestné ventily. Funkční blok je přizpůsoben pro pneumatický okruh s maximálně osmi upínacími válci. Tento počet bývá zpravidla dostatečný. Pokud by byla potřeba rozšířit počet upínek ve skupině, jednoduše se upraví datové typy vstupních parametrů, které monitorují koncové polohy (základní a pracovní) jednotlivých upínek ve skupině, z datového typu byte na jakýkoliv z celočíselných datových typů – např. WORD nebo DWORD.

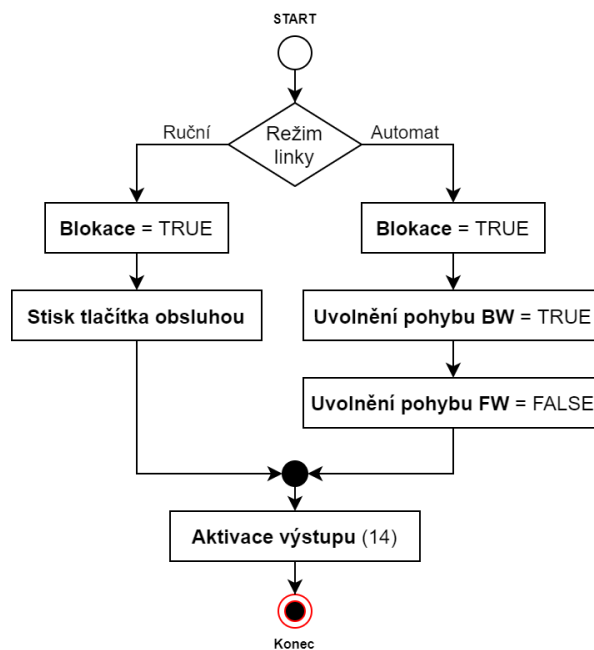
Funkční blok obsahuje několik vstupních parametrů. První skupinou jsou podmínky pro aktivaci ventilu. Podmínky pohybu jsou rozděleny na blokáce (Bloc_FW, Bloc_BW) a uvolnění (Rel_FW, Rel_BW) sepnutí ventilu, který umožní pohyb válců ve směru vpřed (FW, pracovní pozice) nebo zpět (BW, základní pozice). Blokační podmínky se používají k ošetření kolizních stavů s ostatními upínkami nebo roboty. Funkční blok dále obsahuje parametry, které se používají ke kontrole koncových poloh pneumatických válců. Nejprve se napojí všechny koncové polohy ze skupiny upínek na funkci BIT_TO_BYTE. Tímto získáme proměnnou datového typu byte, která obsahuje informace o polohách jednotlivých upínek, kde každý bit reprezentuje jednu upínku ve skupině. Výsledná proměnná je určena na vstupy End_BW nebo End_FW v závislosti na tom, zda proměnná reprezentuje základní nebo pracovní polohu. K celkovému ověření koncové polohy se musí definovat, kolik upínek je ve skupině, a které bity budou představovat jednotlivé koncové polohy. K tomuto je určen parametr Mask, který je využit k procesu maskování koncových poloh. Parametr _Cfg slouží ke konfiguraci vnitřního chování bloku. Nastavit lze typ ventilu, deaktivovat ruční režim nebo potlačit chybová hlášení. Nakonec je předána struktura provozních režimů příslušné pracovní skupiny.

Výstupy OUTxBW a OUTxFW slouží pro napojení výstupních signálů, které ovládají ventily pneumatických modulů. Dále jsou na výstupu souhrnné hlášení koncových poloh upínek ENDxBW a ENDxFW, které se používají například u podmínek uvolnění robotů k procesům.



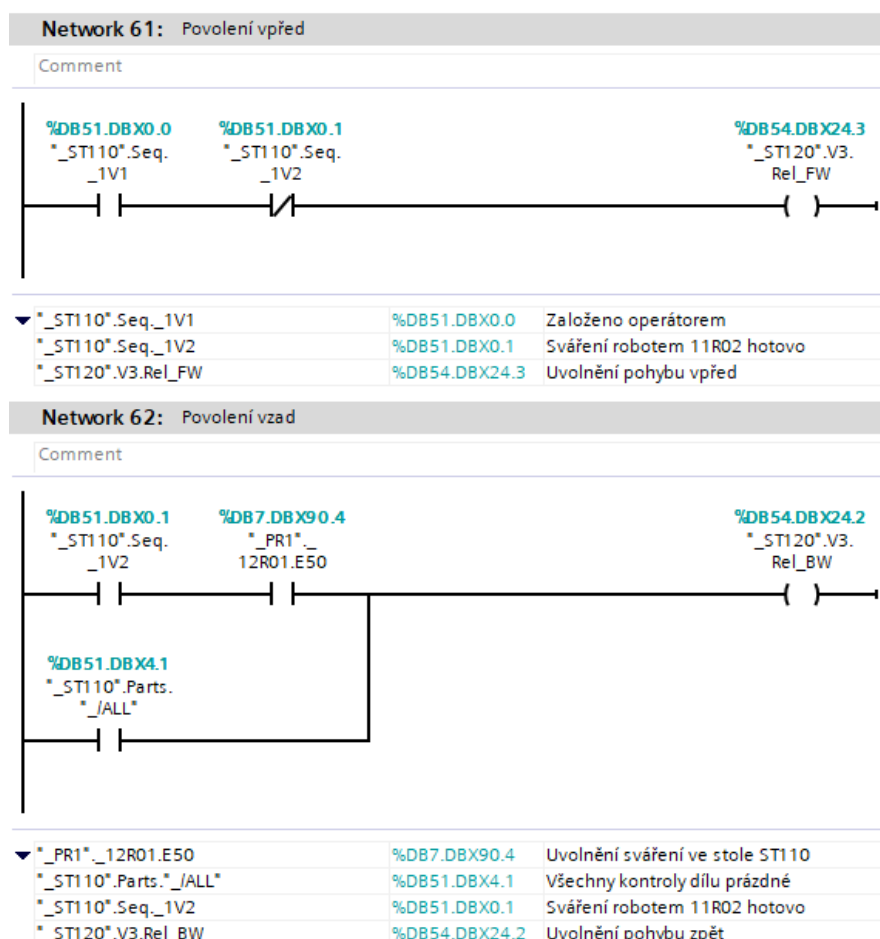
Obrázek 17: Zapojení funkčního bloku FB_Ventil_Control

Řízení ventilů respektuje provozní režimy linky. V závislosti na zvoleném režimu linky se mění podmínky pro aktivaci výstupního řídicího signálu. Následující diagram demonstruje dva způsoby aktivace ventilu pro pohyb upínky do základní polohy na základě provozního režimu.



Obrázek 18: Diagram řízení upínky do základní polohy

Blokační podmínky, které zamezují kolizím a zajišťují strojní bezpečnost, se používají nezávisle na aktivním režimu. Pro pohyb v požadovaném směru musí být příslušná blokace v logické 1. V ručním režimu může obsluha ovládat upínky stiskem tlačítka na vizualizaci. Pokud by byl umístěn ovládací panel s hardwarovými tlačítky, je možnost zapojit jejich signály na vstupní parametry SW_BW nebo SW_FW. Funkčnost pak bude totožná jako v případě tlačítek umístěných ve vizualizaci. Pokud je linka v automatickém režimu, používají se pro povely k pohybu parametry Rel_FW a Rel_BW, které nahrazují stisk tlačítka obsluhou. Zároveň se ověřuje, zda nejsou současně aktivní požadavky pohybu vpřed i vzad. V takovém případě se oba řídicí výstupy nastaví na logickou 0 a blok bude hlásit chybový stav.



Obrázek 19: Příklad podmínek automatických povelů pro upínky

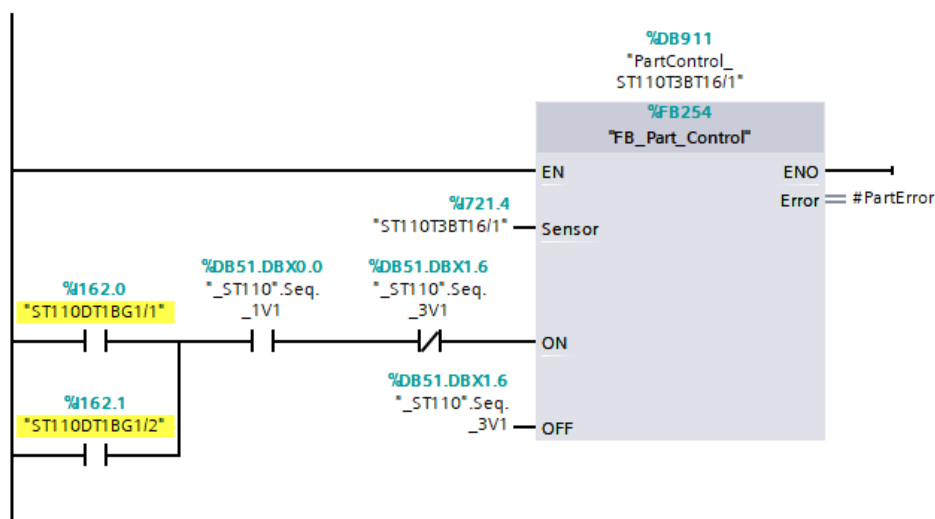
Otočné stoly

Ve stanicích 110 a 120 jsou přípravky umístěny na otočných stolech. Po založení dílů obsluhou do přípravků se stůl otočí k robotům. Po ukončení činnosti robotů a přeložení dílu robotem na další stanici se stůl otočí zpět k operátorovi, který může opět zakládat nové díly. Pro povely otočení stolů se používá obdobná logika jako u řízení ventilů. Definují se podmínky pro uvolnění a blokace pohybů do pozice. V blokačních podmínkách se kontroluje, zda všechny roboty, které se mohou dostat do trajektorie pohybu otočného stolu s přípravkem, posílají signál uvolnění stanice. Tímto se signalizuje, že robot nebude v kolizi se stolem. Pro případ, kdy by byly v robotu špatně nadefinovány podmínky uvolnění stanice, lze blokační podmínky otočení stolu obejít v ručním režimu linky aktivním klíčkem přemostění podmínek (KPEA).

Kontrola přítomnosti dílů

V jednotlivých stanicích se zpracovávají díly, které se v nějakých fázích procesu mohou skládat pouze z dílčích částí. Při upínání dílů k přípravkům, otáčení stolů nebo robotických procesech jako je svařování, lepení či přenášení dílů, je důležité kontrolovat, zda jsou přítomny všechny potřebné díly. Při určitém procesu naopak část dílů být přítomna nesmí. Příkladem je překládání dílu robotem mezi stanicemi, kdy v následující stanici již nesmí být založen hlavní díl, ale pouze jeho části, které se budou s hlavním dílem svařovat. Na přípravcích a robotech jsou proto umístěny snímače přítomnosti dílů. Jsou použity různé typy snímačů, zejména indukční a optické.

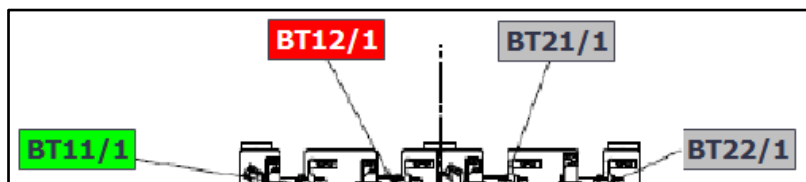
Aby bylo pro obsluhu jednoduché diagnostikovat chybu přítomnosti dílu, vytvořil jsem funkční blok FB_Part_Control. Pomocí něj se vyhodnocuje chybná obsazenost snímačů. Na vstup Sensor se připojí signál ze snímače. Následně jsou k dispozici dva vstupní parametry ON a OFF, kterými lze určit podmínky, za kterých má být snímač obsazen dílem nebo volný.



Obrázek 20: Zapojení funkčního bloku FB_Part_Control

Funkční blok předává informace o stavech do vizualizace. Jednotlivé zobrazované stavy mohou být následující:

- **Zelená** – Čidlo je správně obsazeno dílem.
- **Červená** (blikající) – Čidlo nesplňuje podmínku obsazenosti. Musí být buď obsazené nebo volné v závislosti na aktuální přítomnosti dílu.
- **Šedá** – Snímač není obsazen dílem



Obrázek 21: Signalizace přítomnosti dílů ve vizualizaci

Souhrnná porucha

Na konci funkce každého přípravku jsou ověřeny aktivní poruchy. Ty se dělí do několika skupin. První skupinou jsou chyby upínacích prvků, kdy se kontroluje zejména dosažení správných koncových poloh jednotlivých upínek, překročení předdefinovaného času pro splnění povelu pohybu v požadovaném směru, neaktivní blokační podmínky v případě automatického povelu k pohybu nebo opuštění koncové polohy bez povelu. Dále jsou kontrolovány chyby spínacích ventilů a přítomnosti dílů.

Tyto skupiny chyb se společně označují jako souhrnná chyba či souhrnná porucha. Pokud se vyskytne alespoň jedno skupinové chybové hlášení, pak je současně aktivní i souhrnná porucha přípravku, respektive stanice. Ve vizualizaci je tento stav signalizován červeně blikajícím tlačítkem stanice, kde se chyba nachází, případně vypsáním alarmové hlášky. Dále je chyba signalizována blikáním červeného majáčku, který se nachází u každé stanice.

4.4 Konfigurace rozhraní a integrace robotů KUKA do programu

V automatizované lince je umístěno 7 robotů KUKA Quantec. Pro tyto roboty jsem musel nainstalovat GSDML, abych rozšířil hardwarový katalog TIA Portalu a mohl je přidat do hardwarové konfigurace projektu. Jelikož dodané roboty mají nainstalovanou verzi PROFINETu 3.3, musel být i GSDML soubor pro tuto verzi. S každým robotem KUKA je definované komunikační rozhraní přes maximálně 8 bajtů bezpečnostních vstupů a výstupů PROFIsafe a 256 digitálních vstupů a výstupů. Stejně jako u ostatních safety zařízení je nutné nastavit monitorovací čas (watchdog time) a F-destination address, která se také zadá do robotu a naváže se bezpečnostní komunikace.

4.4.1 Robotické signály (tagy)

S programátory robotů jsme se museli dohodnout na signálech, pomocí kterých budeme komunikovat mezi roboty a PLC. Bylo nutné definovat jak safety, tak i standardní signály. Proto jsem musel připravit tabulku v MS Excel, která toto rozhraní určovala. Tabulka komunikačního rozhraní byla postupem práce na projektu rozšiřována o další potřebné signály. Výčet základních I/O signálů pro vzájemnou komunikaci jsou uvedeny v následujících tabulkách a jsou pro robota 11R01:

Tabulka 3: Příklad safety I/O signálů robotu a PLC

Symbol	Adresace	Popis
Safety vstupy PLC (robotické výstupy)		
11R01_NHL	I 1056.0	Nouzový stop lokální (pendant robotu)
11R01_NHEK	I 1056.1	Zpětná vazba nouzového zastavení externě
11R01_PRSA	I 1056.2	PROFISafe aktivní
Safety výstupy PLC (robotické vstupy)		
11R01_NHE	Q 1056.1	Nouzové zastavení externí
11R01_SPA	Q 1056.2	Bezpečnostní okruh aktivní
11R01_KSPA	Q 1056.3	Přemostění bezpečnostního okruhu (aktivace pohonů)
11R01_KSPD	Q 1056.4	Přemostění omezené rychlosti robotu

Robot se smí pohybovat (mít aktivované pohony) pouze tehdy, je-li bezpečnostní okruh aktivní. To znamená, že musí být všechny ochranné dveře zavřené a bezpečnostní okruh potvrzen. Musí se pamatovat i na učení dráhy robotu a případné pozdější korekce drah, které programátor provádí zejména uvnitř linky. Proto se používá klíček, kterým lze přemostit bezpečnostní okruh. Tento klíček je zapojen dvoukanálově na safety vstupní kartu a jeho schválené použití je předáno robotu signálem 11R01_KSPA. Takto se pak může s robotem pohybovat v ručním režimu T1 s omezenou rychlostí i při otevřených ochranných dveřích. Pro určité robotické operace, jako je například lepení, je však nutné, aby robot při korekcích nebo učení jezdil takovou rychlostí, jakou je pohyb naprogramován. Z tohoto důvodu je přidán ještě jeden klíčový spínač typu E7. Při aktivním klíčku přemostění bezpečnostního okruhu a klíčku E7 pak lze robota provozovat v testovacích režimech T1 a T2 při regulérní rychlosti. Režim externí automatiky zvolit nelze.



Obrázek 22: Robot umístěný v lince

Dále bylo potřeba definovat vzájemné signály, pomocí nichž se budou předávat určité stavy robotu a linky. Pro tyto signály se již nepoužívá safety modul. Tabulka 4 obsahuje výpis nejdůležitějších signálů.

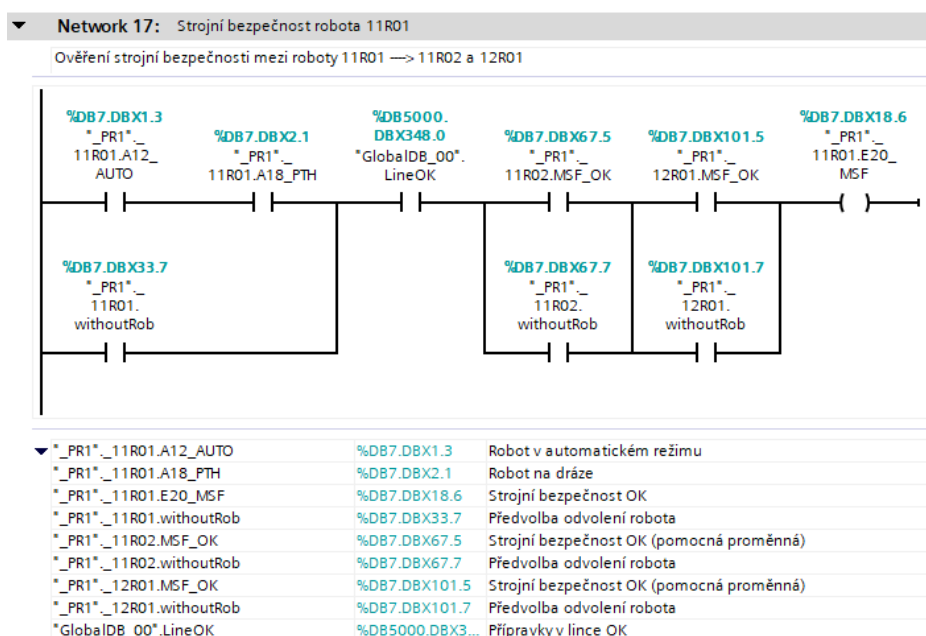
Tabulka 4: Příklad I/O signálů robotu a PLC

Symbol PLC	Adresace v robotu	Popis
Vstupy PLC (robotické výstupy)		
11R01_PRGA	A 01–A 08	Zpětná vazba aktivního programu
11R01_HAND	A 11	Robot v režimu T1 nebo T2
11R01_AUTO	A 12	Robot v režimu externí automatiky
11R01_PTH	A 18	Robot je na dráze
11R01_HOME	A 20	Robot v domácí pozici
	A 50-A 70	Robotické uvolnění přípravků a robotů
Výstupy PLC (robotické vstupy)		
11R01_PRGE	E 01–E 08	Předání požadovaného programu
11R01_START	E 09	Start programu
11R01_EHAND	E 11	Linka v ručním režimu
11R01_EAUTO	E 12	Linka v automatickém režimu
11R01_KONS	E 19	Konzistence programu v pořádku
11R01_MSF	E 20	Strojní bezpečnost
11R01_MEDIA	E 21	Média aktivní
11R01_ARCH	E 30	Požadavek archivace robotu
	E 50–E 70	Povolení k činnosti robotu

4.4.2 Strojní bezpečnost a blokace mezi roboty

Důležité je zajistit, aby se roboty při vykonávání jejich programu vzájemně nesrazily. K zabránění kolizím bude sloužit signál strojní bezpečnosti (E20) a následně signály blokací robotů (E61 – E70). Strojní bezpečnost se ověřuje v programu PLC a kontrolují se roboty, které by mohly při průjezdu dráhou do sebe narazit.

Strojní bezpečnost je aktivní, jsou-li v celé lince přítomny správné přípravy pro aktuálně vyráběný model, všechny roboty v okolí kontrolovaného robotu jsou v automatickém režimu a na dráze, nebo jsou odvoleny (aktivní withoutRob). Pokud by obsluha přepnula jednoho z kontrolovaných robotů do režimu T1 nebo T2, ostatní roboty se automaticky zastaví. Při ručním povelu k pohybu robotu z pendentu mimo jeho naprogramovanou dráhu v režimech T1 nebo T2 se automaticky deaktivuje signál A18_PTH (robot na dráze). Tím lze docílit ošetření stavu, kdy obsluha posune robot do pozice, která není v programu definována, a přepne režim robotu zpět do externí automatiky.



Obrázek 23: Ukázka programu pro kontrolu strojní bezpečnosti mezi roboty

Další možností, jak zastavit druhého robotu v oblasti, je robotická blokace. Pro signály blokací mezi roboty jsou určeny robotické signály v rozsahu od 61 do 70. Logika vzájemných blokací je již plně v kompetenci programátorů robotů a PLC zde slouží jako prostředník, který signály (žádosti a uvolnění) pouze přeposílá příslušným robotům.

4.4.3 Volba pracovního programu robotu

Při aktivovaném automatickém režimu se pomocí PLC volí program, který bude robotem vykonáván. Číslo programu je předáváno datovým typem byte do robotu pomocí signálů 11R01_PRGE. Robot následně vrací číslo aktivního programu prvními 8 bity. Po vyvolání pracovního nebo servisního programu se musí robotu neustále posílat číslo požadovaného programu. Pokud by náhodou došlo k rozdílu mezi programem, který posílá PLC a zpětnou vazbou robotu, zapíše se logická 0 na signál 11R01_KONS a robot se zastaví.

Robot čeká na vyvolání programu v domácí pozici a v režimu externí automatiky. Jakmile se v PLC splní podmínky pro výběr jednoho z možných pracovních programů, přepoše se jeho číslo robotu a potvrdí se signálem 11R01_START. Podmínky pro změnu jednotlivých pracovních programů robotu jsou:

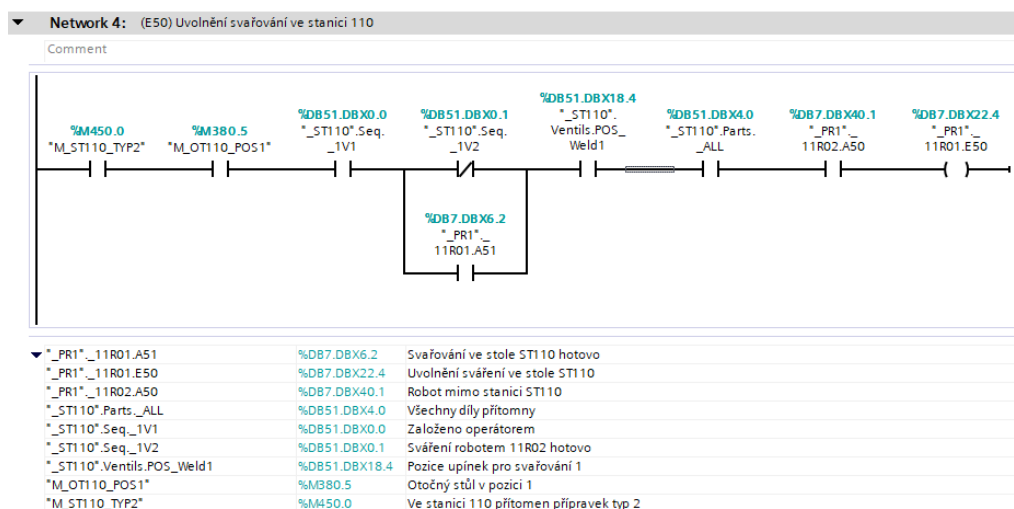
- robot musí být v domácí pozici
- navolen správný vyráběný model dle přítomných přípravků
- není požadavek údržby robotu či jeho procesního zařízení
- robot není odvolen
- robot má vyresetován celkový konec práce předchozího cyklu

Pokud je obsluhou přerušena činnost robotu v průběhu nedokončené operace, navrátí jej do jeho domácí pozice a navolí základní program, pak PLC vyresetuje číslo požadovaného pracovního programu a čeká na splnění podmínek pro volbu nového programu.

Specifickým programem, který je u robota taktéž vyvoláván, je servisní program. Údržbu robotu, jeho nástroje či procesního zařízení bude moci navolit obsluha z vizualizace, případně si v případě potřeby dokáže robot o servis požádat automaticky sám. Dle typu navoleného nástroje pro servisní pozici robot například ofrézuje čepičky svařovacích kleští, nebo najede s greiferem do pozice, která je údržbářům jednoduše přístupná. V PLC musí být zajištěno, aby se vyvolání servisního programu upřednostnilo před pracovním programem.

4.4.4 Robotické uvolnění a povolení pro roboty

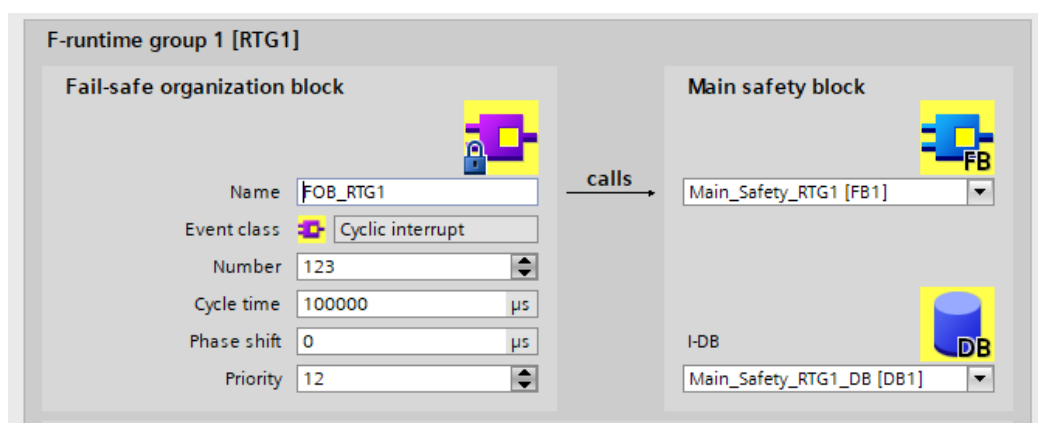
Uvolňovací signály (E50 – E60 a A50 – A60) jsou pro vykonávání automatické sekvence velice důležité. Z robotu lze například poskytnout informace o pozici robotu v přípravku, aktivovat požadavek na změnu polohy upínek či signalizovat dokončení části operace. Naopak PLC může posílat na robotické vstupy signály, které povolují roboty vykonávat jejich sekvenční činnost. V podmínkách uvolnění robotů jsou často kontrolovány pozice otočných stolů, přítomnosti založených dílu či pozice upínacích válců, aby nedošlo ke kolizi robotu s upínkami. Na základě těchto signálů je v určitých případech rozhodnuto o dalším postupu robotu v programu.



Obrázek 24: Příklad podmínek pro uvolnění robotu ke svaření

4.5 Nastavení a programování bezpečnostní logiky

Vybrané PLC Simatic S7-1518-F pro řízení výrobní linky je bezpečnostní a umožňuje tak připojení safety vstupních a výstupních, případně reléových karet a komunikaci PROFIsafe. Při prvotním nastavení CPU je nutné nastavit heslo, po jehož zadání bude programátorovi umožněno měnit logiku a parametry bezpečnostních bloků (FB, FC a DB), dále provádět modifikaci hardwarové konfigurace pro safety moduly a zařízení. Toto zabrání případným zásahům neoprávněných osob do bezpečnostních funkcí PLC. Základní organizační blok pro volání bezpečnostních funkcí je OB_FOB_RTG1. V tomto bloku se neprogramuje, ale konfigurují se základní parametry pro vykonání safety programu. Lze upravit jeho název a hlavní safety FB s příslušným instančním DB, které se bude vyvolávat.



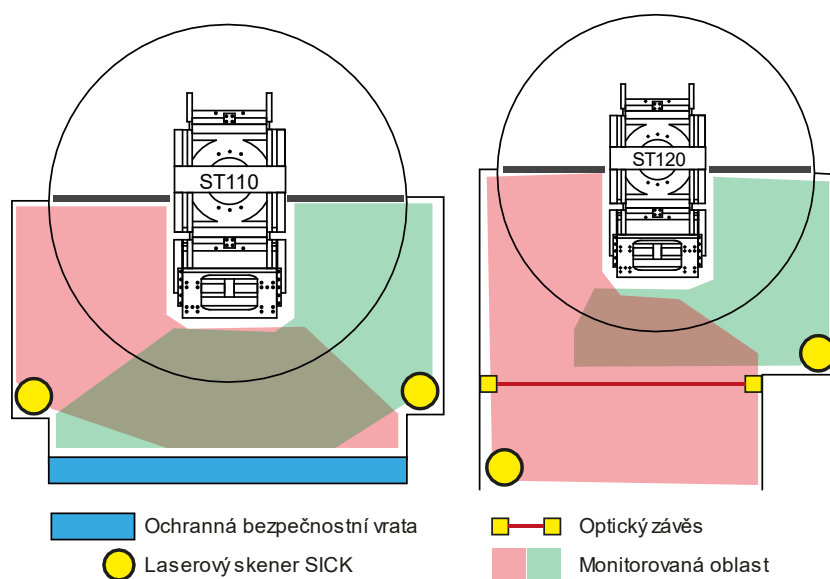
Obrázek 25: Ukázka zobrazení Safety Administration

Dále lze nastavit maximální čas cycle time of F-runtime group, který určuje maximální možnou periodu mezi voláním F-runtime group. V případě, kdy je tento čas překročen, uvede se CPU do režimu stop. Máme možnost nastavit čas pro varování. Při překročení se CPU ještě neuvede do režimu stop, ale je toto varování zapsáno do diagnostického bufferu PLC. [4]

Hardwarová konfigurace a každý ze safety bloků má svůj unikátní CRC podpis, který lze nalézt v Safety Administration daného PLC. Při zásahu do safety bloků či modifikací safety modulů a zařízení dojde ke změně tohoto podpisu. V našem případě si při odevzdání projektu zapíšeme výsledné celkové CRC pro případnou kontrolu, zda se od našeho posledního zásahu safety program nezměnil a měli bychom tak případnou odpovědnost za softwarovou chybu.

4.5.1 Laserové skenery a světelné závěsy SICK

V lince jsou 2 stanice, kde mají za normálních okolností přístup operátoři výroby, kteří zakládají díly do přípravků. Jedna stanice s otočným stolem je vybavena ochrannými automatickými vraty značky ASSA ABLOY a dvěma laserovými skenery SICK S3000 (S30A-6111CP). Druhá stanice, taktéž s otočným stolem, má však pouze ochranu řešenou jedním párem bezpečnostních světelných závěsů a dvěma skenery. Světelné závěsy jsou externě napájeny a napojeny do vstupní safety karty. Pokud se v prostoru mezi závěsy nic nenachází, případně je objekt velikostně mimo rozlišovací schopnost, je na vstupu logická 1. V opačném případě se změní na logickou 0. Rozlišení použitého bezpečnostního závěsu je 14 mm. [5] Na obrázku níže jsou zakresleny bezpečnostní prvky v operátorských stanicích a následný popis jejich využití při plnění bezpečnostní funkce.



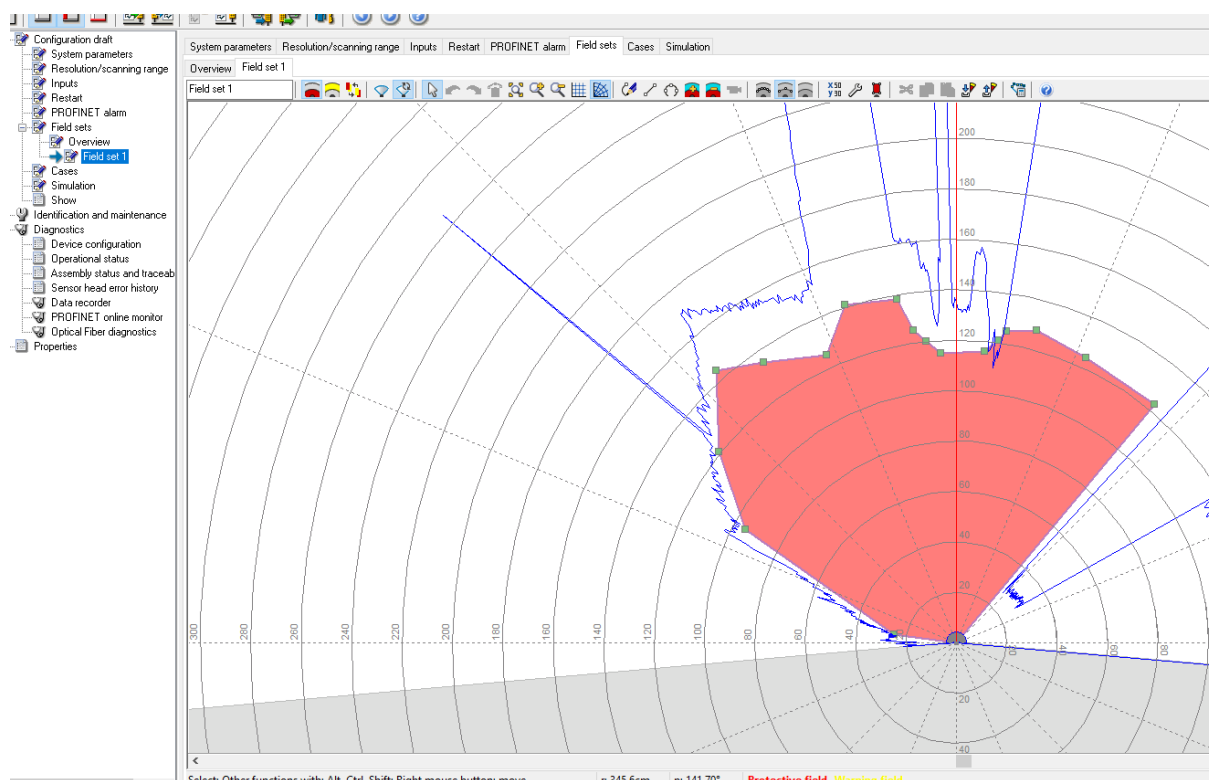
Obrázek 26: Rozložení bezpečnostních prvků v obslužných stanicích

V obslužné stanici ST110 monitorují skenery prostor okolo přípravku pro zakládání dílů, aby se v případě, kdy se obsluha nachází uvnitř pracovního prostoru, nemohly zavřít automatická ochranná vrata a otočit stůl. Pracovní prostor ve stanici ST120 je taktéž kontrolován dvěma skenery a při narušení sledované oblasti se okamžitě otočný stůl zastaví. Pokud se stůl nenachází v předdefinovaných bezpečných pozicích a zároveň by obsluha prošla skrz světelný závěs, dojde k vypnutí celé ochranné oblasti. Zastaví se všechny roboty a přestane se spínat bezpečné napětí pro výstupní moduly vzduchových ventilových ostrovů a další akční členy.

Komunikace se skenery probíhá přes komunikační protokol PROFINET IO (PROFIsafe). Skener má dosah ochranného pole 5,5 m v úhlu snímání 190° a umožňuje konfiguraci až osmi polí, které lze softwarově přepínat. Taktéž je možné využít až dvou simultánně kontrolovaných polí. V případě poruchy jsou data ve stavu logické 0. Konfigurace zařízení probíhá v software CDS (Configuration & Diagnostic Software). [6]

Obrázek 27 ukazuje konfiguraci pole, které skener monitoruje. Pomocí funkce Show measurement data si lze zobrazit modrou linií, která kopíruje překážky v zorném poli skeneru. Díky

tomu je možno snadno nakreslit pole, které bude skener kontrolovat (v obrázku označené červeným polygonem). V případě, kdy tato zóna nebude narušena, bude na vstupu PLC logická 1.



Obrázek 27: Nastavení pole skeneru

4.5.2 Programování safety logiky

Začlenění safety programu je důležitou součástí při programování automatizované linky, protože je určena k zajištění bezpečnosti osob. Kolem automatizované linky je proto postaveno bezpečnostní oplocení, jelikož se používají zařízení, které by při aktivním procesu mohly obsluhu v bezprostřední blízkosti způsobit vážná zranění. Příkladem jsou roboty KUKA, které by při průjezdu naprogramovanou dráhou mohly do člověka narazit. Bezpečnostní požadavky tak musí být v souladu s platnými normami a případně rozšířené o firemní bezpečnostní předpisy nebo směrnice. Roboty mohou nejenom zlepšit efektivitu výroby, ale také zvýšit bezpečnost pracovníků, jelikož mohou být například použity při práci tam, kde by byl člověk vystaven určité nebezpečné činnosti. [10]

Dle firemního standardu dělíme bezpečnost na tři základní části a pro každou část je vytvořen safety FB. Nouzové zastavení je společné pro obě pracovní skupiny, aktivace řídicího napětí a osobní bezpečnosti je rozděleno pro každou pracovní skupinu zvlášť. Při programování safety logiky jsem postupoval dle bezpečnostního konceptu, kterou vypracovala externí dodavatelská firma.

Nouzové zastavení

Zde se hlídají všechna tlačítka nouzového zastavení, která jsou kolem linky nainstalována. Nouzová tlačítka jsou převážně umístěna u vstupních dveří do linky, obslužných stanic, ale také na některých z používaných zařízení. Každý robot má pendant, který také obsahuje nouzové tlačítko zastavení a musí být v programu začleněn. V programu jsou signály z těchto tlačítek zapojeny v AND logice a výsledný

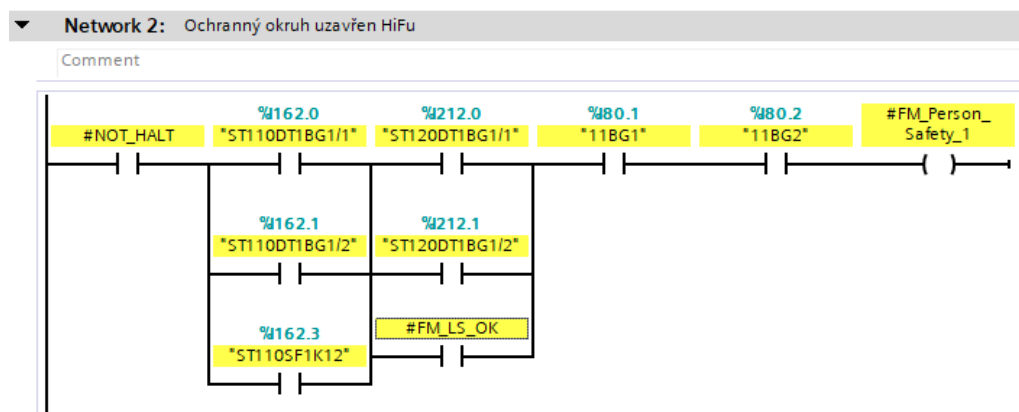
signál napojen na blok ESTOP, který je dostupný v safety knihovně bloků TIA Portalu. Obnovení nouzového zastavení se musí potvrdit stiskem příslušného tlačítka na vizualizaci.

U tlačítek nouzového zastavení se používá opačná logika, než například u tlačítek uvolnění ochranného okruhu či potvrzení založení dílů a zavření vrat. Jsou pro ně použity NC kontakty (zapojení zobrazuje Obrázek 8). To umožní ošetření poruchového stavu, kdyby byl přerušen přívodní kabel k tlačítku nebo vypnuté zařízení. Nouzové zastavení ovlivňuje následující další dvě části safety logiky.

Osobní bezpečnost

Aktivní osobní bezpečnost by měla zaručit, že se v lince nenachází žádná osoba a nikdo nemůže do linky vstoupit standardním způsobem. Obsluha je v návodu a předávací dokumentaci poučena, že nesmí ničit či přelézat ochranné oplocení a ani jiným způsobem obcházet instalované bezpečnostní prvky. Dále je přísně zakázáno, aby se jakákoliv osoba nechala do kontrolované zóny uzavřít a potvrdit osobní bezpečnost.

V osobní bezpečnosti se kontrolují bezpečnostní zámky Euchner, které signalizují zavřené vstupní servisní dveře do linky. Dále jsou součástí kontroly osobní bezpečnosti safety snímače Euchner pro monitorování pozic otočných stolů. Stůl má na sobě připevněnou železnou konstrukci vyplněnou plexisklem. V pozici, kdy je bezpečnostní snímač aktivní (tagy pojmenované jako **STxDT1BG1/y**, kde x je číslo stanice a y číslo snímače, zobrazuje Obrázek 28), je stůl otočen tak, že nelze skrz ani kolem konstrukce vstoupit do linky. Pozice stolu se nekontroluje v případě, kdy jsou zavřena ochranná vrata (ST110SF1K12), nebo u stanice 120 není narušena zóna skenerů a světelné závory (#FM_LS_OK). Pro splnění osobní bezpečnosti musí být navíc v potvrzené nouzové zastavení.



Obrázek 28: Network pro kontrolu podmínek osobní bezpečnosti

V případě nesplnění podmínek se osobní bezpečnost automaticky deaktivuje. Aby bylo možné osobní bezpečnost opět obnovit, musí obsluha nejprve zkontrolovat, zda se uvnitř linky nenachází žádná osoba. Následně pokud je linka prázdná, potvrdí tuto skutečnost stiskem tlačítka „Uvolnění ochranného prostoru“, které se nachází u všech vstupních dveří do linky.

Řídicí napětí

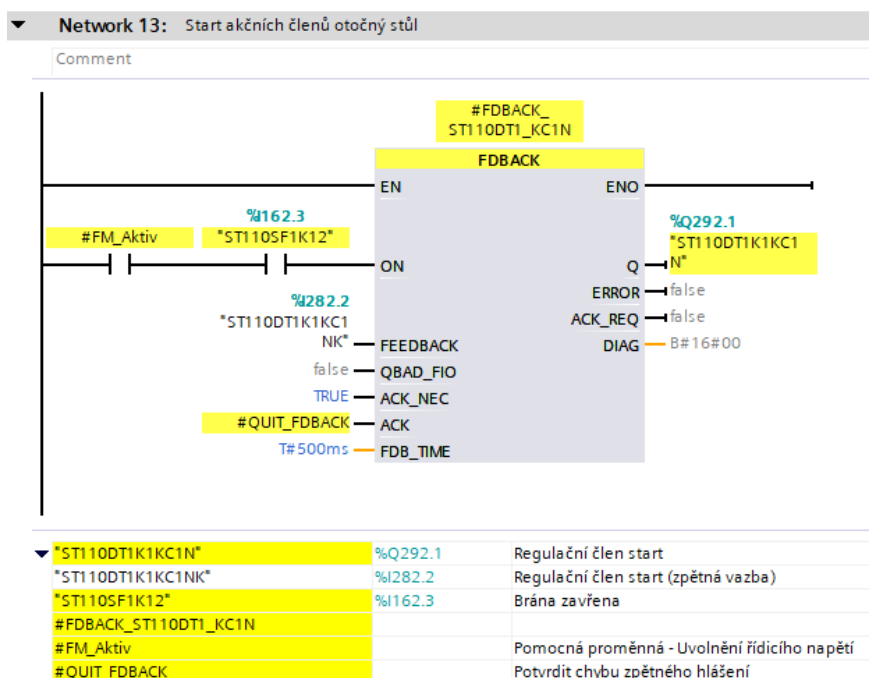
V bloku pro řídicí napětí se spouštějí akční členy. Aktivace signálů probíhá přes výstupní signály safety karet či safety relé umístěných v IM. V případě robotů je signál přeposílán přes rozhraní PROFISafe. Po splnění specifických podmínek se robotům aktivují pohony, umožní se spuštění motorů otočných stolů,

nebo se přivede bezpečnostní napětí pro výstupní moduly ventilových ostrovů, které se budou moci spínat pomocí PLC. Společnými podmínkami pro aktivaci řídicího napětí zařízení jsou:

- Není stisknuté tlačítko nouzového zastavení a zároveň je nouzové zastavení potvrzené
- Je uzavřen bezpečnostní okruh osobní bezpečnosti a zároveň je potvrzen
- Linka má navolený režim START

V závislosti na typu zařízení a jeho umístění se mohou podmínky rozšiřovat. Pro pneumatické ventilové ostrovy jsou přidány podmínky zavřených vrat nebo natočení zakládacího přípravku do linky směrem k robotům.

Aktivace akčních členů často doprovází kontrola zpětné vazby. Díky tomu lze předejít chybovým stavům. Pomocí safety bloku FDBACK, který je dostupný ve standardní knihovně TIA Portalu se safety rozšířením, lze zpětné vazby kontrolovat. [7] Obrázek 29 ukazuje aktivování pohonů otočného stolu ve stanici ST110 s využitím bloku FDBACK.

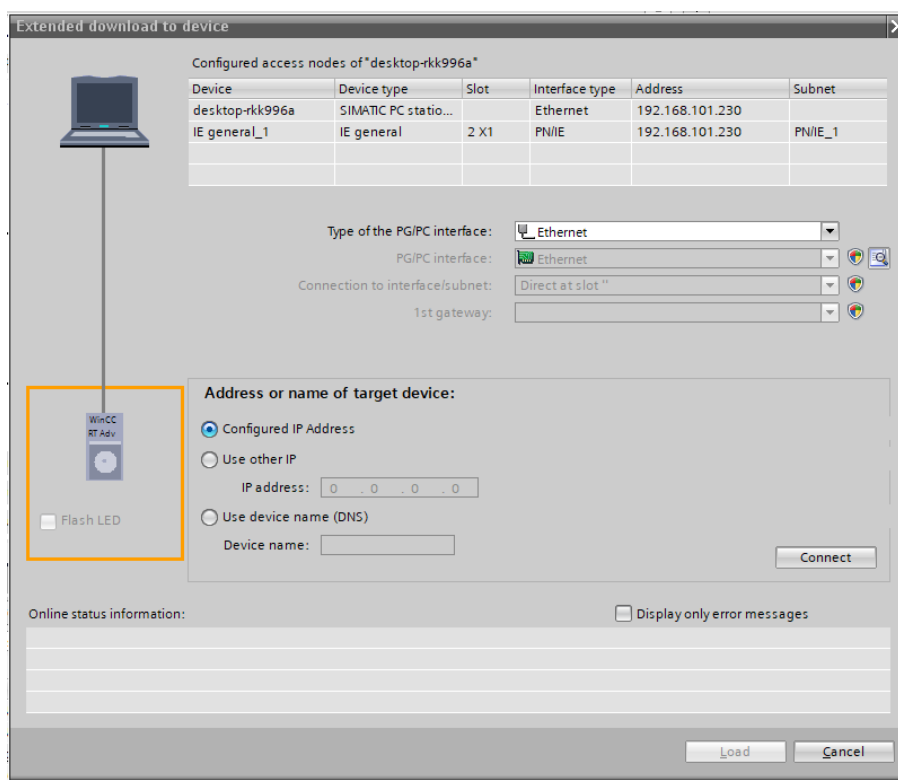


Obrázek 29: Aktivace akčních členů otočného stolu

Na vstupní parametr ON se připojí podmínky, při kterých má dojít k sepnutí výstupu Q. V tomto případě jsou podmínky FM_Aktiv (suma třech podmínek: navolen režim START, bezpečnostní okruh a nouzové zastavení je potvrzeno) a zavřená ochranná vrata (signál ST110SF1K12). Aby byl výstup Q aktivován, musí nejprve být zpětná vazba (vstupní parametr FEEDBACK) v logické 1. Po aktivaci výstupu musí dojít ke změně signálu zpětné vazby na logickou 0 do předem určeného času, který je definován parametrem FDB_TIME. Stejně ověření, akorát s opačnou logikou, je i v případě požadavku vypnutí. Pokud se tak nestane, nastane chybový stav a výstup Q bude v logické 0. Parametrem ACK_NEC se definuje, že chybový stav musí být manuálně potvrzen pomocí přivedení signálu (náběžné hrany) na vstup ACK. [7] Na obrazovce operátorského panelu je proto umístěné tlačítko „Potvrzení zpětného hlášení“, po jehož stisku se chyba bloku potvrdí a může být proveden další pokus o sepnutí.

4.6 Tvorba vizualizačního rozhraní

Aby bylo možné automatizovanou linku jednoduše ovládat a získávat důležité informace o jejím stavu, je potřeba vytvořit vizualizační rozhraní. Pro tvorbu vizualizace byl použit SIMATIC WinCC Advanced ve verzi 15.1, který je taktéž od společnosti Siemens a máme jej po instalaci k dispozici v prostředí TIA Portal. Jako operátorský panel nebyl použit standardní HMI panel, ale dotykový All in One počítač s displejem a operačním systémem Windows 10. Proto bylo nutné na tento počítač nainstalovat software WinCC Runtime Advanced, který umožní komunikaci s PLC a spustit vytvořenou vizualizaci. Při spuštění programu WinCC Runtime Advanced lze jednoduše přehrávat runtime pomocí TIA Portalu, stejně jako klasické HMI, a to stiskem tlačítka Download to device.



Obrázek 30: Dialogové okno pro spojení a nahrání vizualizace do počítače s WinCC RT Advanced

Pro tvorbu vizualizačního rozhraní se využívaly ovládací a signalizační prvky, které jsou dostupné v prostředí TIA Portal s rozšířením WinCC Advanced. Pro některé funkční bloky byly použity faceplaty vyvinuté již dříve ve firmě nebo jsem pro tento projekt vytvořil nové, které mohou mít následné využití při dalších projektech.

4.6.1 Šablona vizualizace

Na začátku tvorby samotné vizualizace jsem nejprve vytvořil šablonu, která bude jednotná pro všechny obrazovky. Použití šablony je velice užitečné, jelikož v případě potřeby úpravy ovládacího nebo jiného prvku, který se vyskytuje na všech obrazovkách, bude potřeba editace pouze v příslušné šabloně. Jeho změna se však projeví na všech obrazovkách, které danou šablonu používají.

V levé horní části je umístěna hláška, zda je vizualizace spojena s PLC a navzájem tak komunikují. Stav spojení je indikován na základě vyvolání systémových událostí ID 140000 (Spojení

vytvořeno) a ID 140001 (Spojení zrušeno). [8] Uprostřed je umístěn název aktivní obrazovky. Všechny názvy obrazovek jsou zapsány v textovém listu. Po otevření obrazovky se pomocí události Loaded a funkce SetTag nastaví tag HMI_ScreenNumber na číslo, které má obrazovka definované. Na základě hodnoty tagu se změní název obrazovky.

V šabloně jsou umístěny faceplaty pro ovládání provozních režimů pracovních skupin, tlačítka pro přechod na obrazovky stanic, robotů a technologických zařízení. Ve spodní části jsou umístěny tlačítka pro potvrzení zpětného hlášení v případě chyby spuštění akčních členů (viz. kapitola 4.5.2), depasivace, potvrzení nouzového zastavení a kvitace hlášení. Dále je umístěno alarmové okno, které zobrazuje 6 hlášení, a tlačítko „Hlášení“, které přepne obrazovku na výpis všech aktivních chybových hlášení.



Obrázek 31: Vytvořená šablona vizualizace

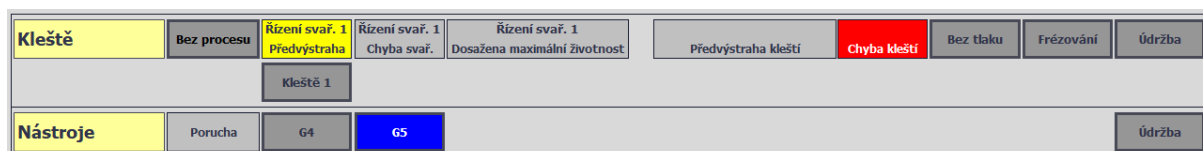
4.6.2 Faceplate

Faceplaty jsou ve vizualizaci podobné funkčním blokům, které se používají v PLC programu. Stejně jako funkční bloky mohou mít vstupní parametry, které se zde používají k animacím prvků uvnitř faceplatu nebo reakcím na události. Navíc mají výhodu, že mohou mít v sobě vytvořené lokální proměnné, textové seznamy a VB scripty. Jsou tvořeny standardními vizualizačními komponenty jako jsou tlačítka, tvary, texty nebo IO pole. Vytvořením faceplatů si lze usnadnit a zároveň urychlit tvorbu vizualizace. Mohou být následně využity nástrojem zvaným SiVArC (SIMATIC WinCC Visualization Architect), který slouží k automatickému generování vizualizace dle předdefinovaných pravidel. [8]

Vstupním parametrům faceplatu se definuje datový typ. Pokud máme vytvořený v PLC funkční blok s vlastní strukturou proměnných pro komunikaci s vizualizačním prvkem, musíme vytvořit ve WinCC nový datový typ, kde definujeme tuto strukturu datových typů. V projektu jsem využil faceplaty pro řízení ventilů, kontrolu přítomnosti dílů nebo předvolby. Byly ovšem prvky, které jsem musel vytvořit nebo opravit. Vytvářel jsem faceplate pro nastavení data a času, počítadla 8 různých modelů

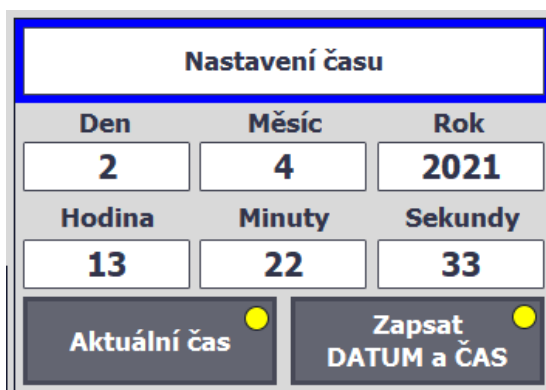
s až devítidenní historií, ovládací panel greifery a svařovacích kleští pro roboty nebo vizualizaci SICK skenerů a světelných závěsů.

Ovládání svařovacích kleští umožňuje navolit simulaci svárů (předvolba bez procesu), odeslat roboty do servisní pozice kleští nebo ofrézovat svařovací čepičky kleští. Dále jsou zobrazeny signalizace výstrahy a maximálního opotřebování čepiček. Po navolení greifery či jiného nástroje a stiskem tlačítka Údržba si robot nabere požadovaný nástroj a zajede s ním do servisní pozice.



Obrázek 32: Faceplate pro řízení svařovacích kleští a nástrojů robotu

Faceplate pro nastavení a zobrazení aktuálního data a času komunikuje s funkčním blokem FB_Date_Time. Ve WinCC je vytvořen datový typ DT_Date_Time, který obsahuje proměnné pro rok, měsíc, den, hodiny, minuty a sekundy. Dále jednu proměnnou pro rozlišení stisknutého tlačítka a jednu proměnnou, která je určena pro předání stavů z funkčního bloku – režim zadávání dat a signalizaci oprávnění manipulace s časem. Stisknuté tlačítko se rozlišuje tak, že se při vyvolání události Press nastaví tag bSwitchPressed na hodnotu 1 při stisku tlačítka „Aktuální čas“ nebo hodnotu 2 u tlačítka „Zapsat DATUM a ČAS“. Jakmile jsou tlačítka puštěna, je vyvolána událost „Release“ a nastaví se tento tag na hodnotu 0. Ve funkčním bloku lze na základě těchto hodnot rozlišit, které tlačítko bylo stisknuto, a provést patřičnou reakci. Nastavit čas může pouze oprávněná osoba, která aktivuje klíček přemostění podmínky. Pokud není klíček aktivní, automaticky se přepne zobrazení na aktuální datum a čas.



Obrázek 33: Faceplate pro nastavení a zobrazení aktuálního data a času PLC

4.6.3 Alarmové hlášení

Pro vizualizaci chybových, varovných nebo informativních hlášení se používají alarmy. Ty se pak zobrazují na panelu v alarmovém okně. Z programu PLC jsou hlášení ve vizualizaci vyvolávány dvěma způsoby.

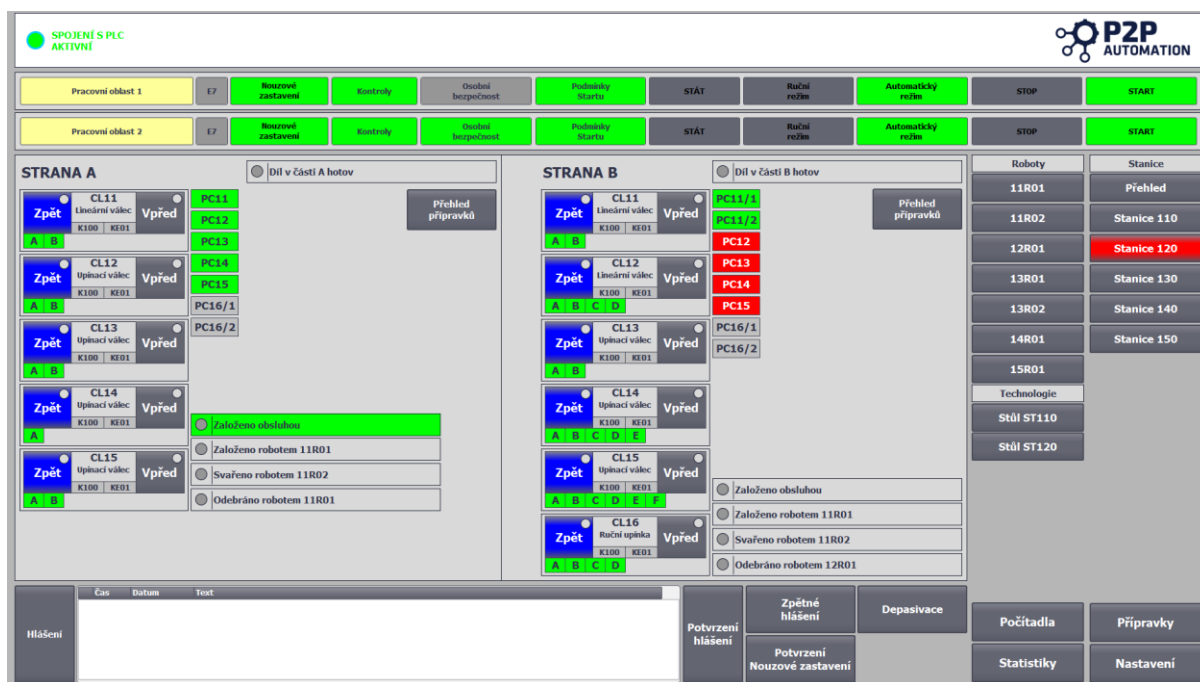
Pro první způsob se vytvořily v datovém bloku s názvem Errors_DB proměnné, které byly datového typu Word. Do každé z nich se pomocí funkce BIT_TO_WORD mohlo napojit až 16 chybových, varovných nebo informativních hlášení. V nastavení HMI alarms se definovala pro každý použitý bit (tzv. Trigger bit) textová hláška a alarmová třída. Pokud byl trigger bit v logické 1, pak byl alarm aktivní

a vypisoval se v alarmovém okně. Pomocí alarmové třídy se mohlo definovat, jakým stylem bude hláška ve vizualizaci zobrazena. Chyby byly nastaveny tak, aby se zobrazovaly na červeném pozadí, varovné a informativní hlášení na žlutém pozadí.

Druhým způsobem bylo automatické vyvolání alarmů pomocí rozšířené programové funkce Program_Alarm. Tento blok vygeneruje alarmové hlášení, které lze zobrazit ve vizualizaci nebo diagnostické tabulce PLC. K hlášení se dá přiřadit až deset hodnot, které je možno využít například při výpisu aktivního alarmu. Hodnoty jsou zapsány na parametry SD_1 až SD_10 a jsou předány při detekci pozitivní hrany parametru SIG. [9] Na vstup SIG se zapsaly podmínky, při kterých má být alarm aktivní, a na parametr SD_1 text, který byl vypsán v alarmovém okně. Jednotlivým typům programových alarmů byla nastavena třída, podobně jako to bylo u prvního způsobu.

4.6.4 Obrazovky pro ovládání přípravků ve stanicích

Pro všechny přípravky ve stanicích se musely vytvořit ovládací obrazovky. Obrazovka vždy obsahovala prvky pro ovládání upínek, manuální řízení sekvence (viz. Obrázek 15) a signalizaci přítomnosti dílů včetně zobrazení chybného stavu. Některé obrazovky měly navíc umístěn obrázek z pneumatického plánu, který zobrazoval rozložení upínek a snímačů dílů. Na následujícím obrázku je ukázka vizualizační obrazovky pro přípravek ve stanici 120. Lze vidět chybný stav obsazenosti snímačů dílů PC12 – PC15 na straně B otočného stolu a zároveň signalizaci aktivní chyby ve stanici formou podbarvení tlačítka Stanice 120.



Obrázek 34: Obrazovka přípravku ve stanici 120

4.7 Testování výroby

Po naprogramování robotizovaného pracoviště se provedla testovací výroba prvního modelu. Jako programátoři jsme si tak mohli odzkoušet stavy, které by mohly při normálním provozu nastat. Zkoušel se zejména standardní průběh výroby, ale i stavy, které by obvykle neměly jednoduše nastat. Ověřovalo se také správné vyvolání pracovních programů robotů, vzájemné blokace robotů, strojní bezpečnost, uvolnění a volba servisních programů pro jednotlivé pracovní nástroje.

Dále se testovaly bezpečnostní funkce. Bezpečnostním SICK skenerům se kontrolovala nastavená pole, zda dosahují všude tam, kde by se mohla pohybovat obsluha. Ověřovaly se ochranné zóny jednotlivých pracovních skupin, kdy v případě, že se otevřely některé ze vstupní dveří do automatizované linky, musely se všechny roboty, motory, výstupy ventilových ostrovů a další akční členy odpojit od bezpečného napětí, což zabránilo jejich pohybu. Podobná funkce se ověřovala při stisku tlačítek nouzového zastavení.

Po každé integraci nového modelu do PLC programu, se vždy provedla jeho testovací výroba. Požadovaná kapacita testovací výroby jednotlivých modelů byla přibližně v rozmezí 50–70 hotových kusů. Pokud byl průběh testování bezproblémový, přešlo se k integraci následujícího typu. V případě, kdy jsme narazili na nějaký problém či vylepšení sekvence nebo funkcí, které by se mohly aplikovat také do předchozích programů integrovaných modelů, provedl jsem jejich úpravu. Na konci projektu se proto ještě jednou ověřovalo, zda i předchozí modely fungují po těchto úpravách správně.

5 Zhodnocení znalostí studenta pro vykonání odborné praxe

V této kapitole jsou zhodnoceny teoretické a praktické znalosti, které jsem získal v průběhu studia na vysoké škole a mohl uplatnit v průběhu absolvování odborné praxe k úspěšnému dokončení zadaného úkolu. Jsou zde uvedeny také znalosti a dovednosti, které mi naopak scházely.

5.1 Teoretické a praktické znalosti získané v průběhu studia

Při práci na projektu jsem uplatnil znalosti nabyté studiem na Vysoké škole Báňské, ale i střední škole. Velkým přínosem mi byl předmět Programovatelné automaty a vizualizace řídicích systémů, ve kterém jsem se setkal nejenom s PLC řady 1200 a 1500 od firmy Siemens, ale také právě s programem TIA Portal, který byl využit při práci na projektu. Dále bylo nutné, abych dokázal číst v obdržené elektro a pneumatické dokumentaci. Pro toto jsem mohl využít znalostí z předmětů Technická dokumentace a následně Projektování měření a regulace, kde jsme se učili základní tvorbu elektro projektu v programu EPLAN. Při programování funkcí jsem využil znalosti Booleovy algebry, ale také načerpaných informací z předmětu Základy statistiky, které jsem využil při zpracování a výpočtu statistických dat výroby. Nedílnou součástí znalostí, které jsem v průběhu praxe ze studia uplatnil, byla znalost anglického jazyka. Ve velké míře jsou dokumentace k senzorům a zařízením psány v angličtině, stejně jako software, se kterým jsem se v průběhu práce na projektu setkal.

5.2 Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu praxe

V průběhu bakalářského studia jsem se bohužel nesetkal s programováním safety programu a konfigurací safety zařízení nebo se vzájemnou komunikací PLC s roboty KUKA. Scházející informace jsem však dokázal načerpat samostudiem nebo od zkušenějších kolegů, kteří mi byli ochotni vše vysvětlit a zodpovědět mé dotazy.

Závěr

V rámci absolvování bakalářské praxe jsem měl možnost podílet se na velice zajímavém projektu z oblasti průmyslové automatizace, zejména programování průmyslových logických automatů. Na projektu jsem zastával funkci programátora PLC. Hlavní cílem bylo naprogramovat víceúčelové robotizované pracoviště pro výrobu autodílů.

Na zařízení jsem pracoval od začátku jeho výstavby a mohl jsem tak pracoviště uvést do provozu od úplných základů až po finální testování výroby. Důležité bylo prvotní nastudování dodané dokumentace, dle které bylo zařízení postaveno, a ověření správnosti zapojení snímačů a akčních členů na vstupní nebo výstupní karty PLC. V programu jsem vytvářel vlastní funkce, které řídily chod linky. V projektu jsem využil některých z firemních standardizovaných funkčních bloků, ale vytvořil jsem také vlastní, které budou moci být ve firmě dále využívány v různých projektech. Po integraci každého modelu jsme provedli testovací výrobu, aby se ověřilo, zda vše funguje správně. Při práci na projektu jsem využil teoretické znalosti získané nejenom studiem na vysoké škole a uplatnil je v praxi. Výsledkem je funkčně naprogramované automatizované robotizované pracoviště, které umožňuje výrobu pěti různých modelů.

Bakalářskou práci formou absolvování individuální odborné praxe považuji za velice užitečnou a přínosnou. Měl jsem možnost vyzkoušet si využít své teoretické znalosti, které jsem získal dosavadním studiem, v praxi. Současně jsem načerpal nové informace a zkušenosti nejen z oblasti průmyslové automatizace, programování PLC, ale i s konfigurací safety zařízení, komunikací se zákazníky, prací na reálném projektu nebo vzájemnou spoluprací s kolegy z jiných dodavatelských firem.

Seznam literatury

- [1] *P2P – Automation s.r.o., Náchod IČO 07550821 - Obchodní rejstřík firem* [online]. Kurzy.cz, spol. s r.o. [cit. 2020-10-13]. Dostupné z: <https://rejstrik-firem.kurzy.cz/07550821/p2p-automation-sro/>
- [2] *SIEMENS 6ES7518-4FX00-1AC0 Datasheet* [online]. Siemens, 2020 [cit. 2020-11-02]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7518-4FX00-1AC0>
- [3] *Safety Programming Guideline for SIMATIC S7-1200/1500* [online]. Siemens, 2020 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109750255/109750255_Programming-Guideline-Safety_DOC_V1_1_en.pdf
- [4] *S7 Distributed Safety – configuring and programming* [online]. Siemens, 2020 [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: https://support.industry.siemens.com/dl/files/875/22099875/att_878859/v1/S7_distributed_safety_configuring_and_programming_en_US_en-US.pdf
- [5] *Safety light curtains C4000 Standard: C40E-1301CF010/C40S-1301CA010* [online]. SICK [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/en/opto-electronic-protective-devices/safety-light-curtains/c4000-standard/c40s-1301ca0102c-c40e-1301cf010/p/p15320>
- [6] *S30A-6111CP, Optoelektronická ochranná zařízení* [online]. SICK [cit. 2020-12-02]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/bezpecnostni-laserove-skenery/s3000-profinet-io-advanced/s30a-6111cp/p/p120141>
- [7] *SIMATIC Safety: Configuring and Programming* [online]. Siemens [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/54110126/ProgFAIlenUS_en-US.pdf
- [8] *STEP 7 and WinCC Engineering V15.1: Configuring and Programming* [online]. Siemens [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109755202/simatic-step-7-basic-professional-v15.1-and-simatic-wincc-v15.1?lc=en-ch>
- [9] BERGER, Hans. *Automating with SIMATIC S7-1500: configuring, programming and testing with step 7 Professional*. Erlangen, Germany: Publicis Publishing, 2014. ISBN 978-3895784040.
- [10] BOUCHARD, Samuel. *Lean Robotics: A Guide to Making Robots Work in Your Factory*. 2017. ISBN 978-1775082903

Seznam příloh

Součástí práce je následující příloha v elektronické podobě.

- HW_konfigurace_NDSTAD.pdf (Zobrazení celé hardwarové konfigurace)